

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

р. 50 к. пер. I р.
Т 60.1.4



А.Рюдо — АСТРОНОМИЯ

52
P97

А. РЮДО

АСТРОНОМИЯ

НА ОСНОВЕ НАБЛЮДЕНИЙ



ОНТИ
1935

ЛЮСЬЕН РЮДО

X

522

097

АСТРОНОМИЯ НА ОСНОВЕ НАБЛЮДЕНИЙ

ПЕРЕВОД С ФРАНЦУЗСКОГО
С. А. Шорыгина



958



ОБЪЕДИНЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗД-СТВО НКТП СССР
Главная редакция общетехнической литературы и монографии
МОСКВА 1935 ЛЕНИНГРАД

MANUEL PRATIQUE D'ASTRONOMIE

par

LUCIEN RUDAUX

BIBLIOTHÈQUE LAROUSSE
PARIS. — 13 — 17, RUE MONTPARNASSE
1925

Редакция С. А. Шорыгина. Оформление Н. Я. Костиной.
Корректурa Э. В. Смирновой. Наблюдал за выпуском Л. М. Волкович.
Подписано к печати с матриц 25/II 1935 г. Авт. лист. 18. Тираж 7 000. Формат 82 × 110^{1/2}.
Печ. зн. 126 000. Заказ № 322. ГТТИ 134. Уполном. Главдита В-100877.
3-я тип. ОНТИ им. Бухарина. Ленинград, ул. Мойсеенко, 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Основная задача, которую поставил себе автор этой книги, состояла в том, чтобы, описывая небесные светила и давая понятие о главных методах их наблюдения, попытаться побудить читателей самим заняться несложными астрономическими наблюдениями, доступными начинающим любителям. В соответствии с этой задачей все содержание книги довольно резко разделяется на описание самих небесных светил и на указания относительно способов несложных их наблюдений. Однако книга построена так, что обе эти составные части изложения тесно переплетаются.

Такой способ изложения делает книгу одинаково полезной как для чтения в целях самообразования, так и в качестве пособия для производства несложных астрономических наблюдений, описание которых сопровождает все главы. Благодаря этому избегается преподнесение читателям готовых данных и результатов, безотносительно к способам их получения, которые приходилось бы принимать на веру. Методические советы автора, являющегося опытным наблюдателем, представляют большую ценность.

Некоторые главы книги, посвященные любительским обсерваториям и инструментам, рассчитанные автором на индивидуальных наблюдателей, в наших советских условиях более пригодятся для коллективов, несколько не потеряв при этом в своей значимости. В ближайшие же годы у нас будет создано промышленное производство малых астрономических инструментов, рассчитанное в первую очередь на удовлетворение нужд средней школы, в которой на 10-м году обучения астрономия вводится как самостоятельный предмет. Это обязывает подготовиться и к строительству школьных астрономических обсерваторий. Помимо этого сейчас расширяется и сеть обсерваторий, ведущих культурно-просветительную работу среди широких масс трудящихся на основе борьбы с религиозными суевериями. Работникам тех и других обсерваторий, а также и преподавателям астрономии в средней школе книга Л. Рюдо сможет принести большую пользу.

Кроме того должны быть еще отмечены с большим знанием подобранные и компактно сгруппированные оригинальные иллюстрации, заменяющие автору пространные словесные описания. Часть этих иллюстраций представляет собой астрономические фотографии, полученные автором доступными для любителей средствами. В советском издании воспроизведены все иллюстрации, имеющиеся в оригинале, причем некоторые из них заменены лучшими. Пропорции пояснительных чертежей по необходимости являются неточными.

Более двадцати лет тому назад на русском языке был издан перевод другой книги того же автора «Как изучать небесные тела», давно уже сделавшийся библиографической редкостью. Содержание этой прежней книги было использовано автором при написании новой, вследствие чего отдельные главы обеих книг имеют между собой большое сходство. Однако нет оснований считать новую книгу только переделкой старой, поскольку систематическая, описательная часть ее, занимающая больше половины объема, почти совершенно отсутствует в прежней книге.

При переводе предлагаемой книги на русский язык все устаревшие цифры, содержащиеся в тексте и в таблицах французского издания, были мною заменены новейшими, более точными, сделан ряд примечаний и мелких вставок в тексте, дополняющих его и содержащих ссылки на советскую научно-популярную литературу по астрономии, и написан раздел о Плутоне. В тех местах, где в этом встречалась необходимость, была произведена идеологическая правка. Значительной ломки изложения это не вызвало, так как автор прочно стоит на деловой почве астрономических наблюдений. Под этим углом зрения правке подверглись те места книги, где он, оставляя эту материалистическую по сути дела почву, давал волю своему воображению или красноречию. По высказанным сейчас соображениям оказалось целесообразным совершенно опустить предисловие и вступительные примечания автора, включив немногочисленные имеющиеся в них конкретные указания в настоящее предисловие.

Вместе с тем, производя вышеуказанную редакционную обработку авторского текста, я не считал правильным лишать изложение Рюдо некоторой теплоты тона, рассчитанной на его читателей — начинающих любителей, нуждающихся в некотором ободрении. При этом я стремился избежать ошибки

многих, преимущественно начинающих астрономов-специалистов, часто облекающих свои мысли в чрезвычайно сухую, неудобочитаемую и маловразумительную форму, видя в этом необходимую принадлежность своей «учености».

Ценным дополнением к этой книге может служить пользующийся заслуженной известностью «Путеводитель по небу» К. Д. Покровского, последнее издание которого вышло в 1923 г. и новое заново переработанное издание которого готовится автором к печати в настоящее время.

Другим необходимым дополнением к ней должен явиться «Русский астрономический календарь», издаваемый в двух частях Кружком любителей физики и астрономии в г. Горьком совместно с Горьковским краевым государственным издательством. Переменная часть этого календаря, выходящая ежегодно, но, к сожалению, всегда с большим опозданием, содержит ежемесячные таблицы Солнца и Луны, сведения о затмениях, карты видимых путей планет, справочник наблюдателя, ежегодные обзоры успехов астрономии и другие статьи. Постоянная часть этого календаря, последнее (4-е) издание которой вышло в 1930 г., содержит обширный справочный материал в форме текста и таблиц и ряд рассчитанных на более подготовленных читателей инструкций для любительских астрономических наблюдений различных светил.

Тем читателям, которые пожелали бы углубить свои познания по астрономии путем чтения литературы, в первую очередь следует рекомендовать печатаемое сейчас в двух томах «Астрономию» Росселя, Дэгана и Стьюарта и журнал «Мироведение», выходящий ежегодно в количестве шести номеров*. Обзору достижений советских астрономов посвящен вышедший под редакцией А. А. Канчеева юбилейный сборник «Астрономия в СССР за XV лет» являющийся частью многотомного издания «Наука в СССР за пятнадцать лет (1917—1932)».

Консультацию по вопросам любительских астрономических наблюдений можно получить в Коллективе наблюдателей Московского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества, обращаясь туда по почте или лично по адресу: Москва 1, Садовая-Кудринская 5, Планетарий, Кол-

* За время печатания этой книги вышли в свет обе части «Астрономии» П. И. Попова, К. Л. Баева и Н. Н. Львова. Эта книга, являющаяся учебником для высших педагогических учебных заведений, достаточно полно отражает достигнутые за последние годы успехи астрономии, почему она с большим успехом может быть использована для самообразования.

лективу наблюдателей МОВАГО. Туда же следует направлять и результаты произведенных читателями наблюдений, могущих представить научную ценность. В Коллективе производится обработка и сводка таких наблюдений и результаты их публикуются в специальном бюллетене, являющемся приложением к журналу «Мироведение».

Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (имеющее отделения во многих крупных городах СССР) является организацией общественной самостоятельности трудящихся, ставящей своей задачей в области астрономии, геодезии и картографии активное участие в социалистическом строительстве СССР, а также содействие укреплению обороны страны (§ 1 устава общества).

С. Шорыгин.

1 марта 1934 г.
Москва.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие к русскому изданию	3

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО АСТРОНОМИИ

Глава I. Земля и ее движения	11
Общий вид неба	12
Элементы земного шара	14
Вращение Земли. День и ночь	—
Обращение Земли вокруг Солнца	17
Вид неба в различные времена года	20
Знаки зодиака	21
Времена года	22
Кажущееся вращение небесной сферы	24
Небесные координаты	28
Различные движения Земли	31
Глава II. Небесные светила в пространстве	35
Всемирное тяготение	—
Планетная система	36
Законы Кеплера	38
Видимые пути планет	—
Спутники	41
Кометы	—
Звезды и туманности	—
Светила в пространстве	42
Измерение расстояний	—

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Глава I. Инструменты для визуальных наблюдений	47
Бинокль	—
Подзорные трубы	48
Теория астрономической трубы	49
Переделка подзорной трубы	50
Изготовление самодельной астрономической трубы	53
Подставки и штативы	55
Астрономические трубы	57
Рефракто-рефлекторы	60
Рефлекторы	—
Неудобства простых установок	63

	Стр.
Принцип параллактических установок	64
Сооружение параллактической установки	65
Усовершенствованные параллактические монтировки	68
Установка параллактической монтировки	70
Спектральный анализ и спектроскопы	73
ГЛАВА II. Фотографические инструменты	76
Обыкновенные фотографические аппараты	—
Фотографические рефракторы и рефлекторы	79
Монтировка объективов рефракторов на специальных камерах	81
ГЛАВА III. Любительские обсерватории	84
ГЛАВА IV. Техника любительск. астроном. наблюдений	91
Как смотреть в телескоп	—
Испытание оптических качеств инструментов	92
Влияние атмосферы	93
Применение оптических инструментов	96
Психология наблюдателя	—
Наблюдения и зарисовки	98
Уход за инструментами	102
Условия, необходимые для астрономической фотографии	103
Наводка на фокус	104
Предосторожности, необходимые при фотографировании рефрактором	106
ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ	
НЕБЕСНЫЕ МИРЫ	
ГЛАВА I. Луна	108
Размеры и расстояние Луны	—
Движения Луны	109
Фазы Луны	—
Причины затмений	112
Солнечные затмения	113
Лунные затмения	115
Вид лунной поверхности	117
Природа и образования лунной поверхности	125
Лунная атмосфера	128
Наблюдения Луны	131
Визуальные наблюдения	—
Фотографирование Луны	133
Наблюдения затмений	135
Визуальные наблюдения лунных затмений	—
Фотографирование лунных затмений	136
ГЛАВА II. Солнце	138
Диаметр, объем и масса Солнца	—
Общий вид и вращение Солнца	—
Фотосфера	141

	Стр.
Факелы и пятна	142
Хромосфера и протуберанцы	144
Солнечная корона	148
Строение и состав Солнца	149
Яркость и температура Солнца	150
Влияния Солнца на Землю	—
Зодиакальный свет	151
Наблюдения Солнца	153
Окулярные наблюдения	—
Проекционные наблюдения	154
Фотографирование Солнца	158
Наблюдения солнечных затмений	160
Наблюдения зодиакального света	163
ГЛАВА III. Планеты	165
Планета Меркурий	166
Орбита и движение Меркурия	—
Элементы Меркурия	169
Вид и строение Меркурия	—
Наблюдения Меркурия	171
Планета Венера	172
Орбита и движение Венеры	—
Элементы Венеры	173
Вид и строение Венеры	174
Наблюдения Венеры	177
Планета Марс	178
Орбита и движение Марса	—
Элементы Марса	181
Вид и строение Марса. Каналы	—
Спутники Марса	185
Наблюдения Марса	186
Малые планеты	188
Планета Юпитер	190
Орбита и движение Юпитера	—
Элементы Юпитера	—
Вид и строение Юпитера	191
Спутники Юпитера	193
Наблюдения Юпитера	196
Планета Сатурн	198
Орбита и движение Сатурна	—
Элементы Сатурна	199
Вид и строение Сатурна	200
Спутники Сатурна	201
Наблюдения Сатурна	204
Планета Уран	205
Орбита и движение Урана	—
Элементы Урана	—
Вид и строение Урана	206

	<i>Стр.</i>
Спутники Урана	207
<i>Наблюдения Урана</i>	—
Планета Нептун	208
Открытие Нептуна	—
Орбита и движение Нептуна	209
Элементы Нептуна	—
Вид и строение Нептуна	—
Спутник Нептуна	—
<i>Наблюдения Нептуна</i>	210
Планета Плутон	—
Открытие Плутона	—
Орбита и движение Плутона	212
Элементы Плутона и вид его в телескоп	213
Глава IV. Кометы	214
Орбиты и движения комет	—
Вид комет	218
Состав комет	220
Кометы и Земля	223
<i>Наблюдения комет</i>	225
Визуальные наблюдения	—
Фотографирование комет	227
Глава V. Падающие звезды, болиды и метеориты ..	229
Причины светящихся явлений	—
Падающие звезды	230
Болиды	232
Аэролиты или метеориты	233
<i>Наблюдения падающих звезд и болидов</i>	235
Глава VI. Звезды и туманности	237
Созвездия	—
Яркость и цвет звезд	240
Количество звезд	242
Расстояния звезд от Земли	243
Размеры звезд	244
Двойные и кратные звезды	245
Переменные звезды. Новые звезды	248
Физическое состояние звезд	251
Распределение звезд. Млечный Путь и звездные скопления ..	254
Собственные движения звезд	259
Туманности	261
<i>Наблюдения звезд и туманностей</i>	267
Визуальные наблюдения	—
Фотографические наблюдения	272

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО АСТРОНОМИИ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ДВИЖЕНИЯ

Из всех зрелищ, открывающихся нашим взорам, вид звездного неба несомненно является наиболее величественным. С древнейших времен человеческие взоры неотразимо приковывались ослепительным блеском Солнца, меняющимся обликом Луны, странными кометами и тысячами звезд, мерцающими в ночных глубинах. Но каковы бы ни



Рис. 1. Небесные светила, видимые с Земли.

были красоты звездного неба, мы не должны ограничиваться одним только его созерцанием; нужно понимать, что открывается нашим взором. Созерцание небесных светил только тогда будет представлять для нас истинный интерес, когда нам будет известно не только, что они собой представляют, но также и взаимное их расположение и совершаемые ими движения.

В безбрежном пространстве, окружающем нас со всех сторон, небесные светила находятся друг от друга на нево-

образимо огромных расстояниях. Человеческий глаз, не будучи в состоянии воспринимать различий этих расстояний, относит все светила одинаково далеко. Поэтому при взгляде с Земли все они кажутся рассыпанными одни возле других на так называемом небесном своде.

Общий вид неба. Наш земной мир, изолированный в пространстве, находится в движении. Это первое положение, с которым необходимо хорошенько освоиться. С этого движущегося мира мы видим остальные небесные миры, в свою очередь совершающие движения в пространстве. Единственно такой взгляд может нам объяснить астрономические явления. Внешний облик звездного неба, которому не следует слишком доверять, в действительности дает нам представление о нем весьма неправильное. В самом деле, что мы видим? Утром Солнце восходит в точке, близкой к востоку, днем пересекает небесный свод, где оно достигает наибольшей высоты в полдень, с тем чтобы после этого опуститься и зайти вечером в точке, близкой к западу. Оно описывает кривую, в центре которой мы как будто находимся. Вечером мы видим это движение продолжающимся, в то время как Луна и звезды представляются нам следующими за исчезнувшим Солнцем. Небо приобретает вид свода или, вернее говоря, сферы, охватывающей нас со всех сторон и непрерывно вращающейся. Присмотревшись к звездному небу более внимательно и повторив это наблюдение в течение нескольких ночей, разделенных промежутками в несколько суток, мы убедимся в том, что это всеобщее движение не является единственным. Увлекая все светила с хорошо знакомой нам скоростью, определяющей продолжительность дней и ночей, оно осложняется другими движениями, менее заметными нашему глазу, наличие которых обуславливает медленное изменение видимого звездного неба. На нем мы, например, различаем определенные группы звезд, получившие название созвездий. Каждый вечер эти созвездия восходят немного раньше; благодаря этому постоянному опережению мы в начале каждого вечера видим звездное небо в том виде, который оно имело несколько дней тому назад только позднее ночью; в конце концов, звезды, видимые летом в определенный час, уже не будут теми же самыми, которые мы могли бы наблюдать зимою в тот же час; но эти последние мы увидим снова в последующую зиму в таких же условиях, как в предыдущую зиму. Эти непрерывные изменения вида звездного неба, как мы это увидим, позднее,

определяются движениями, совершаемыми Землею. Отметим еще, что наряду со звездами, образующими неподвижные — вернее, не меняющие своей формы — созвездия, мы видим и другие светила, совершающие медленные движения с различными скоростями.

Все светлые точки, горящие на небе, принято не вполне правильно обозначать общим названием звезд. Следует, однако, различать собственно звезды и планеты, ко-



Рис. 2. Земля в пространстве.

Наблюдатель, находящийся далеко в пространстве, увидел бы земной шар, подобно Луне и остальным планетам, светящим отраженным солнечным светом.

которые для невооруженного глаза имеют тот же вид. Звезды — это солнца, чудовищно от нас удаленные. Невзирая на совершаемые ими движения (с которыми мы познакомимся позднее), они представляются нам неподвижными друг относительно друга. Планеты же, наоборот, находятся от нас сравнительно близко; они — шары вроде Земли. Планеты светятся, потому что Солнце их освещает, но находятся от нас на таких расстояниях, что невооруженному глазу они кажутся только точками. Совершенно так же, как и Земля, эти планеты обращаются вокруг Солнца, почему мы и видим их более или менее медленно перемещающимися относительно звезд, перед которыми они в перспективе располагаются.

Эти определения необходимо хорошенько уяснить себе, а главное хорошо помнить для правильного понимания небесных явлений. Но, повторяем, так как эти последние мы можем видеть только с Земли, необходимо прежде всего точно установить, в каких условиях мы находимся сами. Следовательно, прежде всего нам надо изучить Землю и ее движения; единственно эти познания позволят нам правильно понять вид звездного неба, в то же время помогая осознать характер и движения иных миров.

Элементы земного шара. Когда мы говорим, что Земля кругла, как шар, и что огромный шар этот вращается в пространстве, то это говорит нашему воображению. Однако эти определения были бы здесь недостаточны. Хотя, вообще говоря, Земля и другие светила и шаровидны, но они не представляют собою в точности шаров. Наша Земля является шаром, вздутым по экватору и сжатым у полюсов, или, иначе говоря, эллипсоидом. Эта форма была ею приобретена в эпоху ее образования, когда она была еще тестообразной; тогда действие центробежной силы, развиваемой вращением, гнало вещество формировавшегося земного шара по направлению к его экватору. Далее мы увидим, что некоторые планеты обладают весьма заметным сжатием. Наш же земной шар сплюснут достаточно мало, потому что экваториальный его диаметр равен 12 756 км, в то время как диаметр полярный равен 12 712 км. Окружность Земли вдоль по большому кругу, проходящему через полюсы, составляет 40 018 км, а экваториальная окружность ее измеряется 40 076 км; поверхность ее равна 510 082 700 кв. км. Объем земного шара достигает 1 083 260 млн. куб. км, а средняя плотность веществ, ее составляющих, в 5,5 раза превосходит плотность воды.

Земля выполняет целый ряд весьма различных движений. Два из них должны прежде всего привлечь наше внимание, потому что они имеют следствиями явления, понимание которых необходимо для объяснения меняющегося вида неба.

Вращение Земли. День и ночь. Первым из этих движений является вращение. Земля, будучи шаровидной (как и всякий шар, освещаемый источником света), освещается Солнцем лишь наполовину. Вследствие этого всякая точка ее поверхности последовательно переходит из освещенной половины в половину неосвещенную, и обратно. В первом случае у нас бывает день, во втором ночь (рис. 3).

Ранее уже было сказано, что безграничное пространство вместе с «населяющими» его небесными светилами простирается от нас во все стороны. Почему же мы видим звезды только по ночам? Между светилами и нашими глазами располагается непреодолимое препятствие: слой воздуха или атмосфера, облегающая земной шар, без которой мы не могли бы жить; она прозрачна, правда, но прозрачна лишь

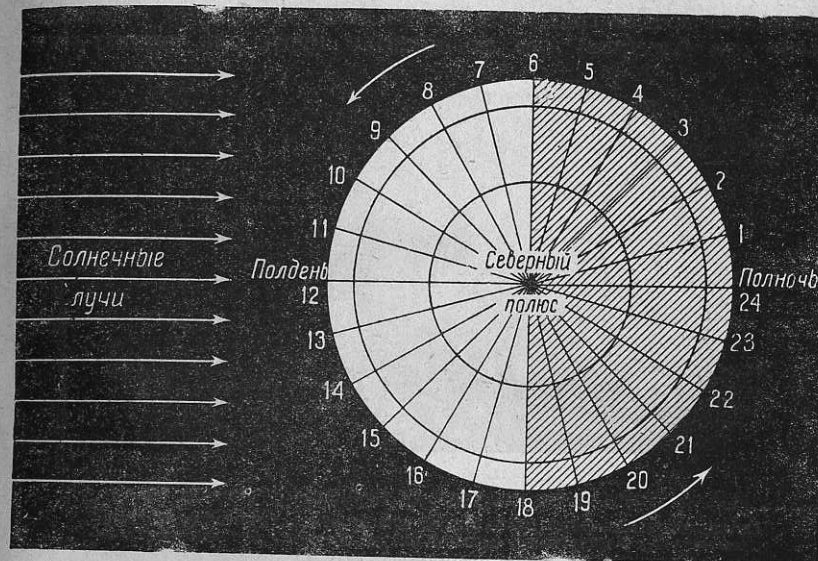


Рис. 3. Освещение Земли; день и ночь.
Благодаря вращению различные точки земной поверхности последовательно проходят через все положения, соответствующие часам дня и ночи.

относительно. Сильный солнечный свет рассеивается атмосферой во все стороны, которая благодаря этому превращается днем в яркую и прекрасную голубую пелену, совершенно закрывающую от нас звездное пространство; звезды всегда остаются на своих местах, но днем они невидимы нашим глазам, ослепленным лучезарным солнечным светом. Если бы, пользуясь каким-либо средством, мы могли преодолеть действие атмосферы, то день приобрел бы совершенно иной вид: земная поверхность осталась бы ярко освещенной, но в то же время мы увидели бы Солнце сияющим на совершенно черном небе, которое выглядело бы совершенно так же, как оно теперь выглядит ночью.

Тогда мы получили бы более ясное представление о том, что мы затеряны в бесконечности.

Вращение Земли, не будучи заметно само по себе, создает впечатление кажущегося вращения небесной сферы. Это единственное из движений земного шара, которое мы можем заметить непосредственно, отнесясь к делу достаточно внимательно. В самом деле, посвятим всего лишь несколько минут, например, наблюдению захода Солнца (момент, когда мы можем смотреть на его диск, не будучи ослепленными его блеском) или же восхода Луны или какого-либо

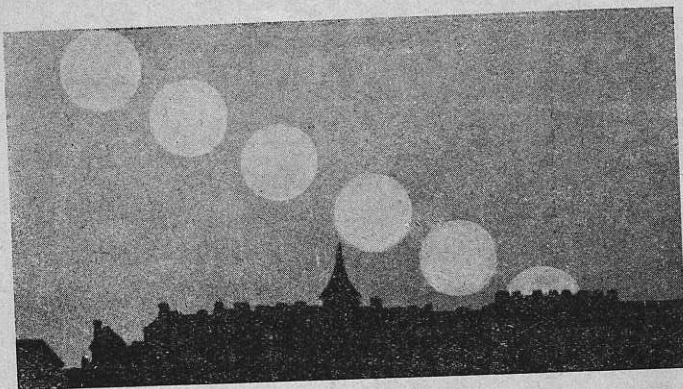


Рис. 4. Наблюдения кажущегося вращения небесной сферы. Последовательные фотографии Солнца вблизи заката, произведенные через промежутки в 3 минуты на одной и той же пластинке неподвижным аппаратом. (Фотография автора.)

другого яркого светила; тогда благодаря перспективе его можно будет видеть находящимся позади некоторой неподвижной метки, как, например, позади выступа или острия крыши какого-либо здания. В этих случаях мы увидим солнечный диск медленно опускающимся под горизонт или же диск Луны или иное светило медленно перемещающимся со скоростью, которую нетрудно будет оценить относительно положения неподвижной метки. Такое наблюдение станет еще нагляднее, если мы произведем его с помощью какого-либо оптического инструмента (подзорной или астрономической трубы), неподвижно укрепленного на своей подставке; тогда, наряду с увеличенным изображением светила мы увидим увеличенное во столько же раз и его кажущееся движение. В этих условиях мы увидим, как небо действи-

тельно будет проходить у нас перед глазами, совершенно так же, как кажется проносящимся мимо нас пейзаж, видимый из окна движущегося вагона. И, разумеется, это движение будет происходить в направлении, противоположном направлению вращения Земли, потому что оно является следствием последнего.

Земля совершает один оборот в $23^{\circ} 56' 04''$, 091. Мы можем убедиться в этом, наблюдая ежедневное возвращение какой-либо звезды в одну и ту же точку неба, т. е. к некоторой неподвижной метке; роль такой метки лучше всего сможет выполнить астрономическая труба, неподвижно укрепленная

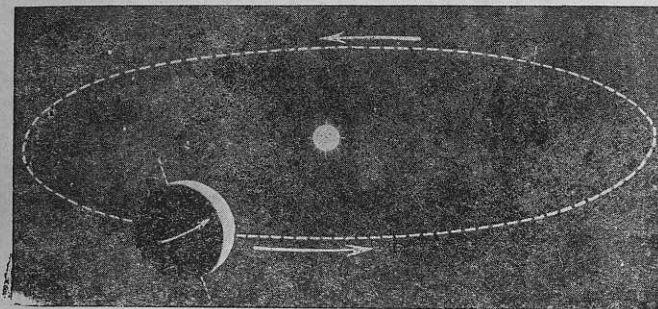


Рис. 5. Два главных движения Земли. Поворачиваясь вокруг самой себя в течение суток (вращение) около наклонной оси, Земля обращается вокруг Солнца в течение года (обращение).

на своем штативе. Тот же опыт, повторенный с Солнцем, приведет нас к иному результату: мы увидим, что его возвращение произойдет только через 24 часа. Какова же причина этой разницы? Второе движение, а именно обращение Земли вокруг Солнца, нам ее объяснит.

Обращение Земли вокруг Солнца. Вокруг Солнца Земля совершает одно обращение в $365^{\circ} 6' 09''$, 5. Круговой путь ее носит название орбиты, и средний радиус этой орбиты равен 149 500 000 км. Мы говорим средний, потому что орбита не является в точности круговой; она представляет собою эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце. Благодаря этому мы находимся, то немного ближе к дневному светилу, то немного дальше от него. В точке наиболее близкой, называемой перигелием, расстояние составляет 147 млн. км, в апогелии, т. е. в точке наиболее удаленной, это расстояние увеличивается до



152 млн. км. (Эти две точки соответствуют положениям, занимаемым Землею на своей орбите: в начале января — перигелий и в начале июля — афелий.) Для того чтобы совершить свой путь по этой орбите, длина которой достигает примерно 930 млн. км, Земля должна нестись в пространстве со скоростью, которая по нашим обыденным представлениям покажется огромной: 29,5 км/сек, 106 000 км/час. Когда мы позднее изучим законы, управляющие движениями небесных тел, то мы узнаем, что существует связь между расстоянием от центра притяжения и скоростью движения обращающегося вокруг него светила. Некоторые планеты обращаются быстрее Земли, другие медленнее, в зависимости от того, находятся ли они ближе к Солнцу, чем Земля, или дальше от него.

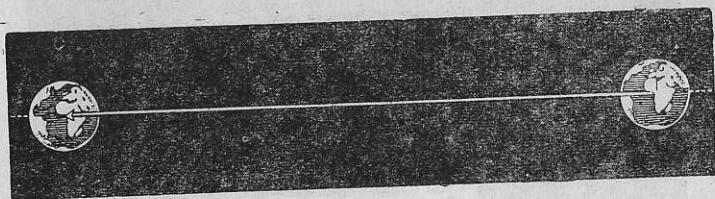


Рис. 6. Скорость движения Земли по ее орбите.
Длина пути, проходимого за 1 час, по сравнению с диаметром земного шара.

Следовательно, от одного дня к другому Земля перемещается в пространстве на почтенное число километров: более чем на два с половиной миллиона. Мы привыкли видеть здесь на Земле, что окружающие предметы меняют свое относительное положение по мере того, как мы перемещаемся сами. Путешествие нашего земного шара в пространстве должно было бы обуславливать аналогичный результат, который постепенно изменял бы положение звезд. Но здесь сказываются головокружительные расстояния этих светил. Они настолько от нас далеки, что это перемещение Земли остается совершенно незаметным, по крайней мере при несложных наблюдениях. Дело обстоит так, как если бы мы понадеялись заметить перспективное смещение предметов, находящихся от нас на расстоянии нескольких километров, смещаясь сами на несколько миллиметров. Следовательно, если бы Земля оставалась совершенно неподвижной, то результат в этом отношении был бы совершенно тем же. Только путем кропотливых и точнейших измерений нам удастся обнаружить, что перемещение Земли с одной сто-

роны ее орбиты на другую (т. е. перемещение на длину диаметра земной орбиты в 299 млн. км) вызывает ничтожное смещение положения нескольких звезд, наиболее к нам близких. Таким образом, в первом приближении, звезды могут служить неподвижными метками, относительно которых некоторые движения становятся заметными.

Мы отнесем к ним вращательное движение земного шара. Тогда возвращение какой-либо звезды на прежнее место дает нам точное время этого вращения; оно носит название звездных суток.

Земля, обращаясь вокруг Солнца, наоборот, перемещается относительно него на заметный угол уже в продолжение одних суток. Рис. 7 позволит нам уяснить причины этого явления. Направим сегодня трубу на Солнце и предположим, что какая-нибудь звезда в то же самое время могла бы быть видимой, находясь в точности за ним.

Оставим трубу совершенно в том же положении. По истечении 23 часов

56 минут земной шар, совершив полный оборот, вновь направит трубу в том же направлении в пространство и звезда возвратится в середину поля зрения инструмента; но Солнца там еще не будет, потому что за это время оно сместится на небольшой угол влево; этот угол в точности соответствует дуге, пройденной Землею по своей орбите. Для того чтобы наблюдатель вновь очутился точно в исходном положении относительно Солнца, земной шар должен повернуться еще на небольшой угол. Срок такого полного поворота относительно Солнца, разделенный на 24 часа, мы называем солнечными сутками

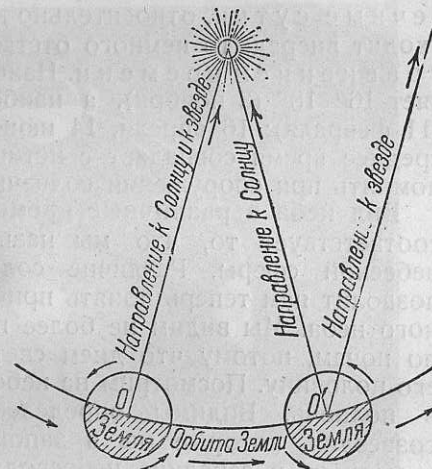


Рис. 7. Разница между солнечными и звездными сутками.

За сутки Земля перемещается из O в O' . Солнце, видимое из O в том же направлении, что и какая-нибудь звезда, уже не будет занимать этого положения при взгляде из O' . Нужно, чтобы земной шар, закончивший в O' один полный оборот относительно звезды, повернулся бы еще немного, для того чтобы наблюдатель вновь очутился перед Солнцем.

и соразмеряем по нему нашу жизнь. Продолжительность солнечных суток слегка изменчива, потому что обращение Земли происходит не вполне равномерно. Она перемещается по своей эллиптической орбите с несколько меняющейся скоростью (следствие неодинакового расстояния от Солнца). Единичей нашего исчисления времени являются средние солнечные сутки, относительно которых Солнце то немного уходит вперед, то немного отстает. Эта разница называется уравнением времени. Наибольшее опережение составляет $16^{\text{м}} 18^{\text{с}}$ (3 ноября), а наибольшее отставание $14^{\text{м}} 30^{\text{с}}$ (11 февраля); 16 апреля, 14 июня, 1 сентября и 24 декабря среднее время совпадает с истинным. Об этом необходимо помнить при сооружении солнечных часов.

Вид неба в различные времена года. Звездным суткам соответствует то, что мы называем суточным вращением небесной сферы. Различие солнечных и звездных суток позволит нам теперь понять причины изменений вида звездного неба. Мы видим не более половины звезд одновременно по ночам, потому что днем свет Солнца затмевает другую его половину. Посмотрим на небо зимой, например 1 января, в полночь. Видимы определенные звезды, образующие созвездия, которые мы и запомним. Звезды, находящиеся в полночь в середине небосвода, расположены в этот момент в точности против Солнца; но накануне они еще не находились там, и день спустя они уже не будут там находиться, потому что, как мы это помним, видимые движения Солнца и звезд ежедневно расходятся на 4 минуты. Следовательно, 2 января наблюдаемые светила будут находиться в середине небосвода уже не в полночь, а в 23 часа 56 минут; 3 января в 23 часа 52 минуты и т. д. Это постоянное опережение мало заметно от одного дня к другому, но к концу месяца оно обусловит разницу в целых два часа; уже в 22 часа (или в 10 часов вечера) небо приобретает тот вид, который месяц тому назад оно имело в полночь; а теперь в этот час мы увидим уже новый участок неба. Теперь Солнце будет находиться против других звезд. Это рассуждение легко продолжить, проследив путь Земли на рис. 8. Весной созвездия, которые в январе находились против Солнца, займут положение, отстоящее от него на прямой угол, а потом они будут казаться исчезающими в направлении, где солнечный свет заставляет их меркнуть для нашего зрения. Постепенно Солнце будет удаляться от той области неба, которую оно перед этим затмевало своим блеском; с

каждым днем эта область будет все более и более открываться в первых лучах утренней зари. По истечении шести месяцев, 1 июля, когда Земля совершит половину своего пути, звездное небо совершенно изменит свой вид: часть пространства, которое мы созерцали зимой, будет теперь полностью скрыта дневным светом, а вместо него летнее

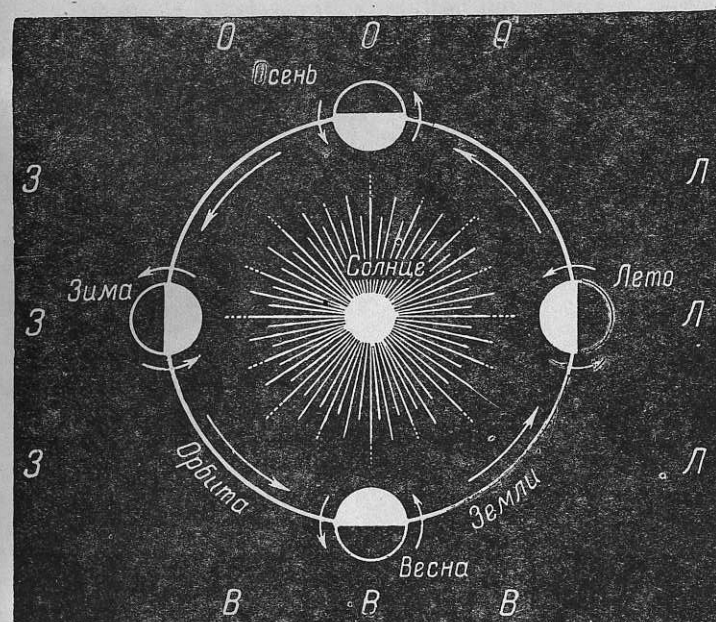


Рис. 8. Вид неба в различные времена года.

Земля, вращаясь вокруг себя самой (в направлении маленьких стрелок), движется вокруг Солнца (в направлении больших стрелок). Зимой звезды, находящиеся в области *З* пространства, видны в полночь, в то время как звезды области *Л* затмеваются солнечным светом; звезды *О*, находящиеся под прямым углом к Солнцу, видны в начале ночи, а звезды *В* — на рассвете. Весной эти последние становятся видимыми в полночь, *З* — в начале ночи, *Л* — на рассвете. Летом звезды *Л*, невидимые зимою, видны в полночь, и т. д.

небо будут освещать созвездия, которые по этой же причине зимой оставались невидимыми.

Таким образом, Солнце наконец кажущимся образом завершит свой круг по небу, проходя перед созвездиями, которые оно последовательно затмевает своим блеском.

Знаки зодиака. Пояс неба, пересекаемый этой видимой траекторией, в которой лежит плоскость земной орбиты или плоскость эклиптики, был назван зодиаком. Зодиак этот

подразделен на двенадцать частей или знаков, соответствующих двенадцати созвездиям, по которым последовательно проходило Солнце. Знаки зодиака обозначаются и называются следующим образом:

♈ Овен,	♋ Рак,	♌ Весы,	♏ Козерог,
♉ Телец,	♍ Лев,	♎ Скорпион,	♐ Водолей,
♊ Близнецы,	♎ Дева,	♏ Стрелец,	♑ Рыбы.

Это деление и его знаки приобрели условный характер, не относясь более к обозначаемым ими созвездиям. Последующие страницы (31 и 32) объяснят нам причину этой аномалии.

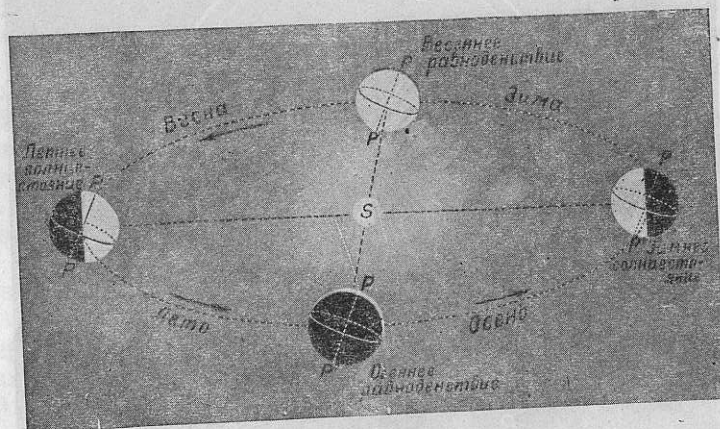


Рис. 9. Происхождение времен года.

Последовательные положения около Солнца, занимаемые земным шаром, наклонная ось которого сохраняет в пространстве неизменное направление. Полюсы P и P' последовательно поворачиваются к Солнцу. (Указанные времена года относятся к северному полушарию.)

Совокупность обоих движений, вращения и обращения Земли, должна еще на некоторое время задержать наше внимание для продолжения объяснения меняющегося вида неба. Ось вращения земного шара наклонена к плоскости, в которой он обращается вокруг Солнца. Этому наклону мы обязаны временами года и неравной продолжительностью дней и ночей.

Времена года. Смена времен года происходит от наклона оси вращения Земли к плоскости ее вращения, составляющего $66^\circ 33'$. Эта ось сохраняет в пространстве неизменное направление,

Рис. 9 показывает, как Земля различным образом бывает расположена по отношению к солнечным лучам. На нем мы замечаем четыре главных положения: два солнцестояния, когда линия, соединяющая полюсы, оказывается в одной плоскости с перпендикуляром к земной орбите, прохо-

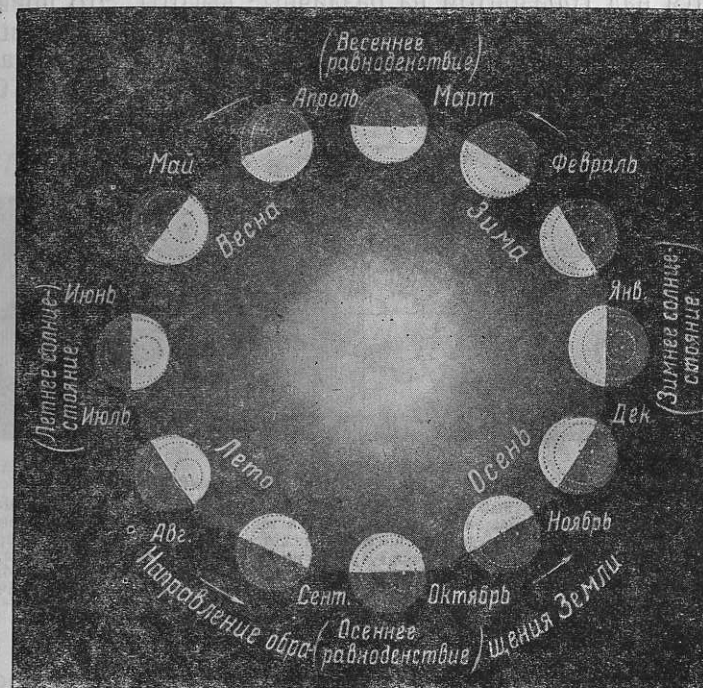


Рис. 10. Времена года (северное полушарие).

Последовательные положения полюса относительно Солнца обуславливают неодинаковую продолжительность дней и ночей; каждая точка поверхности вращающегося земного шара находится в освещенной части в течение более или менее продолжительного времени. Полюс остается 6 месяцев в освещенной части и 6 месяцев в теневой.

дающим через Солнце, и два равноденствия, промежуточные положения, когда оба полюса бывают освещены одновременно. Времена года, разумеется, противоположны для земных полюсов; северный полюс, например, во время своего летнего солнцестояния полностью освещен Солнцем, а в то же время южный полюс находится в тени в положении зимнего солнцестояния. Рис. 10 и 11 объясняют, как это

вращательное движение, происходящее в различных направлениях по отношению к Солнцу, обуславливает неодинаковую продолжительность дней и ночей в различные времена года. По этой же причине Солнце, видимое на протяжении года под различными углами над местом наблюдения, поднимается над горизонтом на различные высоты. Это приводит нас к необходимости поговорить о видимом вращении небесной сферы; до настоящего времени мы упоминали о нем лишь в общих чертах. Определим точнее, как оно будет совершаться в зависимости от нашего положения на земном шаре.



Рис. 11. Неодинаковая продолжительность дней и ночей.

Во время солнцестояний (правый и левый чертежи), за исключением экватора, неизменно наполовину освещенного и наполовину находящегося в тени, каждая точка земной поверхности в течение более или менее долгого времени движется в освещенной части. Во время равноденствий (средний чертеж) день всюду равен ночи. Буквой X обозначена точка, лежащая на широте Харькова. T^1 и T^2 — тропики. Солнце находится в плоскости E орбиты, и направление его лучей указывает, как они под различным наклоном достигают различных мест земной поверхности. При взгляде из этих точек Солнце кажется находящимся на небе более или менее высоко.

Кажущееся вращение небесной сферы. С поверхности земного шара мы можем видеть сразу только половину той воображаемой сферы, к которой мы приурочиваем представление об окружающем нас пространстве; это видимое полушарие простирается над нашим горизонтом. Горизонт (рис. 12) — это плоскость, касательная к земному шару в месте наблюдения; отсюда ясно, что видимая область неба не будет повсеместно одинаковой. Равным образом звезды будут в разных местах казаться движущимися различно по отношению к горизонту; это наглядно показывают схемы рис. 13. На них, разумеется, небо следует изображать в виде сферы, окружающей Землю; притом последнюю приходится рисовать, совершенно не соблюдая соотношения размеров; припомним, что наш земной шар и его перемещения обладают

практически нулевыми размерами по сравнению с расстояниями звезд; будем ли мы находиться на поверхности или в центре Земли, направления в пространстве останутся неизменными. Продолжим мысленно ось вращения, соединяющую полюсы земного шара. Тогда она укажет, где бы мы ни производили наблюдения, точку, вокруг которой нам

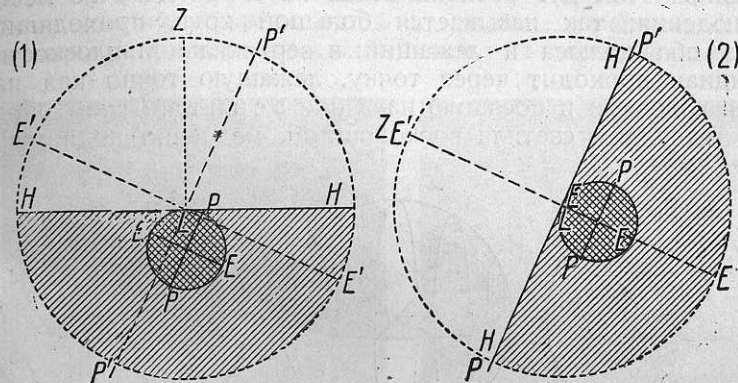


Рис. 12. Горизонт и видимая часть небесной сферы.

В точке L горизонтом является плоскость H , касающаяся в этой точке контура земного шара; вертикаль Z обозначает зенит. H рассекает надвое идеальную небесную сферу (изображенную пунктиром), имеющую своим центром L . Наблюдатель, находящийся в L , видит лишь половину неба, другая половина которого (заштрихованная) остается под горизонтом. Буквами P и E обозначены полюсы и экватор земного шара, направления которых в пространстве совпадают с направлениями P' и E' , полюсов и экватора неба. Сравнение обоих чертежей, отнесенных к этим неизменным направлениям, показывает, что в зависимости от положения L на земной поверхности наблюдателю открываются неодинаковые части неба; он видит, например, (1) один из полюсов находящимся над горизонтом, или же, находясь на экваторе (2), оба полюса, занимающими противоположные положения на самом горизонте.

кажется вращающейся небесная сфера. Небесный экватор, делящий небесную сферу, на два полушария, лежит в плоскости земного экватора.

Перенесемся мысленно на один из полюсов Земли. Тогда эта точка вращения расположится точно над нашими головами, а движение звезд будет совершаться параллельно горизонту, с которым сольется небесный экватор; если мы будем при этом находиться на северном полюсе, то мы увидим сразу все северное полушарие звездного неба, вращающееся в горизонтальном направлении, в то время как звезды южного полушария навсегда останутся нам невидимыми. А если бы мы поместились на южном полюсе, то над нашими головами в горизонтальном направлении вращалось бы

южное полушарие неба, в то время как мы не могли бы видеть звезд северного полушария.

Вне этих двух географических пунктов видимое движение небесной сферы имеет совершенно иной характер. Светила кажутся описывающими дуги, поднимающиеся над горизонтом до различных высот, вследствие перспективы. Вершины этих дуг располагаются на меридиане места наблюдения; так называется большой круг, проходящий через оба полюса и лежащий в вертикальной плоскости; меридиан проходит через точку, лежащую точно над нашими головами и носящую название зенита. Таким образом, мы видим светила восходящими, медленно поднимаю-

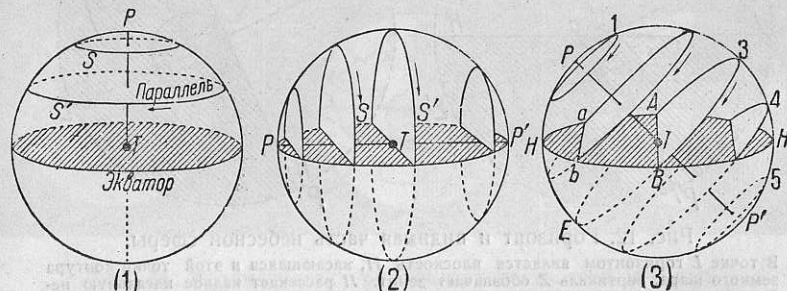


Рис. 13. Кажущееся вращение небесной сферы.

Наблюдаемое из различных мест земной поверхности кажущееся вращение небесной сферы совершается относительно горизонта различным образом: (1) на полюсах, (2) на экваторе, (3) в средних широтах.

щимися вплоть до достижения ими наибольшей высоты над горизонтом в момент прохождения их через меридиан (подобно Солнцу в полдень) и после этого спускающимися к горизонту, где они и заходят.

Перенесемся теперь на экватор. Полюсы неба, определяющие направление оси вращения, расположатся в двух противоположных точках горизонта, небесный экватор пройдет точно через зенит, и мы сможем наблюдать все звездное небо, последовательно проходящее у нас перед глазами.

Находясь на какой-либо промежуточной широте, мы увидим, что светила будут двигаться в направлении, наклонном к горизонту, над которым на определенной высоте будет находиться один из полюсов. Звезды, расположенные в зоне, заключенной между ним и горизонтом, не будут заходить никогда. Они будут проходить через меридиан

дважды в сутки: над полюсом во время их восходящего движения и под ним, когда, опускаясь, они проходят по нижней части их путей. Таким образом, звезды этой околополярной зоны будут видимы в продолжение всех ночей медленно вращающимися вокруг невидимой оси мира. Но вследствие совокупности движений Земли, как мы это видели, говоря об общем виде неба, возвращения их в те же положения будут происходить все раньше и раньше. Следовательно, наблюдая их каждый вечер в определенный час,

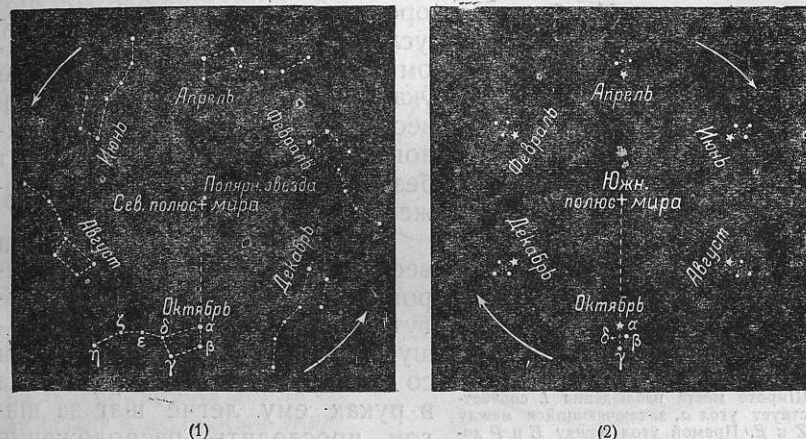


Рис. 14. Движение созвездий вокруг полюса.

Последовательные положения в один и тот же час (в 21 час) в различные времена года: (1) Большая Медведица, позволяющая легко отыскивать Полярную звезду, очень близкую к северному полюсу мира; (2) Южный Крест и южный полюс мира.

мы увидим их в этот же час на протяжении года занимающими всевозможные положения вокруг полюса.

Есть в северном полушарии звездного неба созвездие, название которого хорошо известно всякому, — созвездие Большой Медведицы. Его следует научиться находить на небе, для того чтобы ориентироваться, потому что по нему легко находить Полярную звезду. Для большей точности отметим, что эта звезда находится не на самом полюсе, а только весьма близко к нему; вокруг него она, подобно всем остальным звездам, кажется вращающейся по своему маленькому кругу. На объяснительных чертежах Большая Медведица почти всегда изображается в одном и том же положении, в котором она располагается над северной

мого восхождения. Таким образом, промежуток между двумя меридианами измеряется не градусами, а временем, их разделяющим, которое определяется с помощью звездных часов. Звездные часы отрегулированы таким образом, что часовая стрелка их совершает полный оборот по циферблату в точно такое же время, как Земля завершает один свой оборот: 24 часа звездного времени равны $23^{\text{ч}}56^{\text{м}}04^{\text{с}}$ среднего времени.

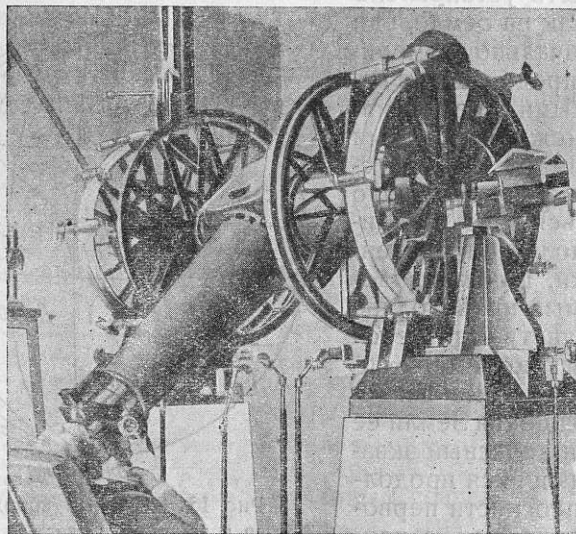


Рис. 17. Меридианный круг.

Инструмент, неизменно остающийся ориентированным в вертикальной плоскости меридиана. Он может поворачиваться только вверх и вниз на горизонтальной оси, опирающейся на два упора; ось снабжена разделенными кругами, на которых отсчитывается наклон трубы. Наблюдатель, которого мы здесь видим, регистрирует момент прохождения светила через центр поля зрения трубы, т. е. момент прохождения светила, на которое она направлена, через меридиан.

Эти 24 часа звездного времени соответствуют 360 градусам, образующим окружность неба. Это соотношение дает угловую меру каждого такого часа, равную 15 градусам; минута времени соответствует 15 минутам дуги, секунда — 15 секундам дуги.

Видимое место светила измеряется по долготе промежутком времени, отделяющим его от начального меридиана, а по широте или по склонению угловым расстоянием к северу

или к югу от большого круга экватора. Эти измерения производятся с помощью астрономической трубы, могущей поворачиваться только в вертикальном направлении, все время оставаясь в неизменной плоскости меридиана. На нем отмечаются последовательные прохождения светил (определение долгот или прямых восхождений). Разделенные круги, которыми снабжен этот инструмент, называемый меридианным кругом, весьма точно указывают наклон инструмента в момент наведения его на звезду (определение широт). На рис. 17 изображен общий вид меридианного круга.

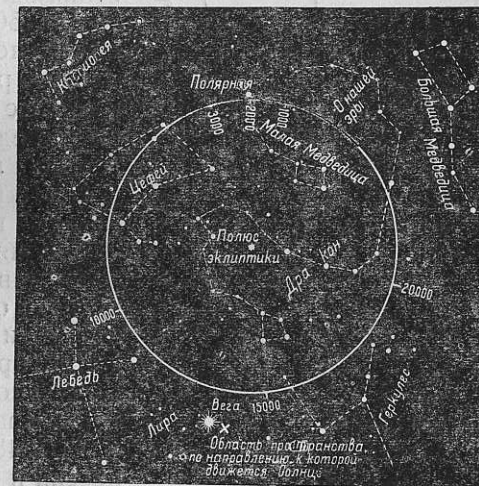
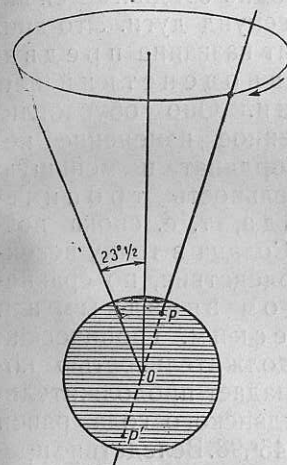


Рис. 18. Предварение равноденствий.

Конус, описываемый осью вращения Земли, и последовательные положения полюса на окружности, начерченной среди созвездий. В 2105 г. Полярная звезда будет находиться к полюсу ближе всего. В 5000 г. полюс будет находиться в созвездии Цефея в 10000 г. — вблизи Лебеда, в 12000 г. — недалеко от яркой звезды Веги

Различные движения Земли. Небесные или астрономические координаты не остаются неизменными. С течением лет все звезды, независимо от их собственных движений, не кажутся более интересными в точности прежние положения относительно меридианов и кругов широт. Это зависит от того, что вращательное движение Земли не сохраняет неизменного направления в пространстве: ось ее вращения медленно смещается, подобно оси вращающегося волчка, описывающей конус (рис. 18); благодаря этому продолжение земной оси описывает на небесной сфере больших

размеров круг. Все звезды, через которые проходит этот круг, с течением времени будут последовательно становиться полярными. Но мы не можем надеяться увидеть воочию это постепенное смещение полюса, потому что оно совершается лишь весьма медленно: один полный оборот требует для своего завершения 25 765 лет. Это смещение,

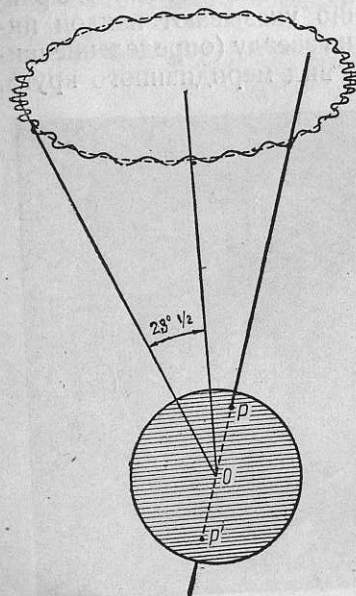


Рис. 19. Нутация.

Извилины, сообщаемые нутацией круговому движению, обусловливаемому прецессией, здесь сильно преувеличены, для того чтобы легче было понять характер этой совокупности движений.

24°55' до 22°15' с периодом приблизительно в 30 000 лет.

Совершая это свое движение, земная ось одновременно смещается вокруг этого общего направления, совершая «мелкое» аналогичное движение с периодом в 18½ лет, — это так называемая нутация, вызываемая возмущениями со стороны Луны, притяжение которой влияет на вращение земного шара вследствие эллипсоидальной его формы. Поэтому круг прецессионного движения приобретает в действительности извилистые очертания (рис. 19).

разумеется, увлекает за собой и линию пересечения плоскостей экватора и орбиты, а вследствие этого точка весеннего равноденствия ежегодно отодвигается назад на 50 секунд дуги. Это движение носит название передвижения равноденствий или прецессии. Оно обуславливает медленное изменение небесных координат и меньшую продолжительность тропического года, т. е. срока возвращения Солнца в точку весеннего равноденствия, по сравнению с годом звездным или сидерическим. Тропический год, с продолжительностью которого совпадает продолжительность гражданского года, равен 365° 05' 48" 45с,98. Вследствие прецессий и знаки зодиака более не совпадают с положениями созвездий, названия которых они носят.

Помимо этого изменения направления оси, ее наклон также претерпевает в пространстве легкие колебания в пределах от

И наконец наблюдается еще одно весьма малое неправильного характера перемещение полюсов на поверхности Земли всего лишь на расстояние нескольких метров; это перемещение удалось заметить только с помощью весьма точных наблюдений.

Орбита Земли не остается неизменной; степень ее эллиптичности изменяется по мере того, как большая ось ее

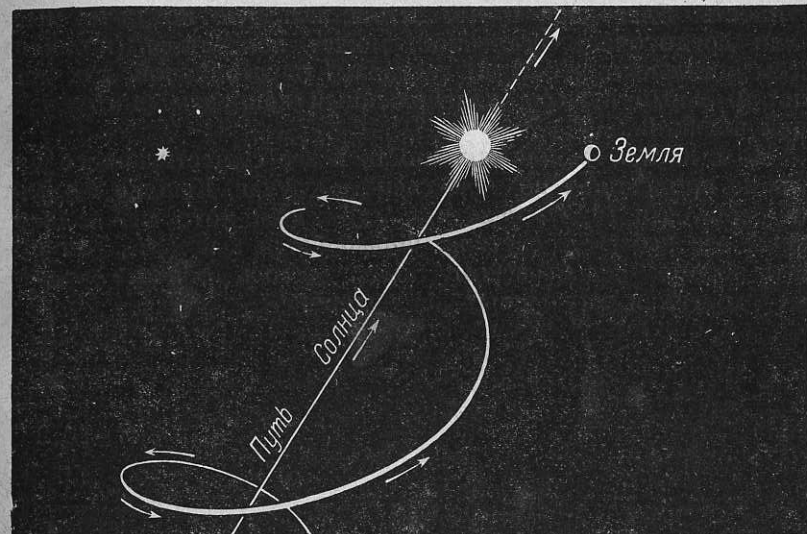


Рис. 20. Движение Земли в пространстве.

Следуя за Солнцем, летящим по некоторому пути в определенном направлении, Земля, обращаясь вокруг него, в действительности описывает в пространстве спираль. Так же обстоит дело и с другими планетами, не изображенными здесь, с тем чтобы не загромождать чертежа.

меняет свое направление, завершая один полный оборот в течение 21 000 лет. Вследствие этого обращение Земли вокруг Солнца обнаруживает постоянные неправильности.

Наконец Земля увлекается в бесконечное пространство: она вращается вокруг Солнца и одновременно с этим следует за ним в его движении со скоростью 20 км/сек, направленном к той части пространства, в которой мы видим сияющим созвездие Лиры. Таким образом, Земля в действительности совершает штопорообразное движение, как это показано на рис. 20.

Итак, не будучи в состоянии чего-либо ощутить, мы находимся на шаре, летящем в пространстве и совершающем одновременно еще целый ряд различных движений. Те из них, которые мы только что описали, являются только наиболее важными, о которых удалось в общих чертах упомянуть в немногих предшествующих страницах. Все эти движения, выявленные и определенные к настоящему времени в количестве четырнадцати, слагаются в общую совокупность. Благодаря этому Земля, которую когда-то мыслили средоточием вселенной, может показаться (подобно всем остальным небесным светилам) неустойчивой, как легкий мыльный пузырь, подверженный капризам ничтожнейших влияний...

Но в изумительной стройности всего существующего ничто не происходит по воле слепого случая. Каковы бы они ни были, эти многочисленные движения, которым подвержены все небесные светила, управляются законами, установить которые человеческому гению удалось только в результате долгих и терпеливых наблюдений.

ГЛАВА ВТОРАЯ

НЕБЕСНЫЕ СВЕТИЛА В ПРОСТРАНСТВЕ

Всемирное тяготение. Все небесные тела подвержены действию их взаимного притяжения. Материя притягивает материю с силой, пропорциональной массам их обеих и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними: таков закон всемирного тяготения, установленный знаменитым английским ученым Ньютоном.

Масса тел пропорциональна количеству и плотности составляющей их материи; при равных объемах два небесных тела могут обладать весьма различными массами, из которых одна будет производить более сильное притяжение. По вышеприведенному закону притяжение пропорционально расстоянию от центра притягивающего тела и направлено к этому центру. По этой причине мы удерживаемся на поверхности Земли и, споткнувшись, падаем притягиваясь по направлению к ее центру, подобно всем вообще предметам.

Притяжение массы определяет собою то, что мы называем весом тела, который является пропорциональным расстоянию от центра. Так, например, какой-нибудь предмет, который у нас на Земле весит, скажем, 1 кг, уже не будет обладать этим весом, будучи перенесенным на другой мир, масса которого не равна массе Земли, тот же результат получится, если массы Земли и этого другого мира были бы равны, а диаметры их не равны.

Небесные тела являются рабами друг друга; движения, совершаемые ими, в силу этого таковы, что менее крупные тела, удерживаемые притяжением тел более крупных, вынуждены обращаться вокруг последних. Скорость этого движения определяется расстоянием массы от центра притяжения и величиной массы в центре притяжения. Таким образом, Земля, которая гораздо меньше Солнца, обращается вокруг него вместе с остальными планетами, ее сестрами. Именно установление характера этой системы обесмертило имя Коперника.

Планетная система. Планетная система, одним из незначительных членов которой является Земля, состоит из девяти главных или больших планет: Меркурия, наиболее близкого к Солнцу, затем Венеры, Земли, Марса, Юпитера.

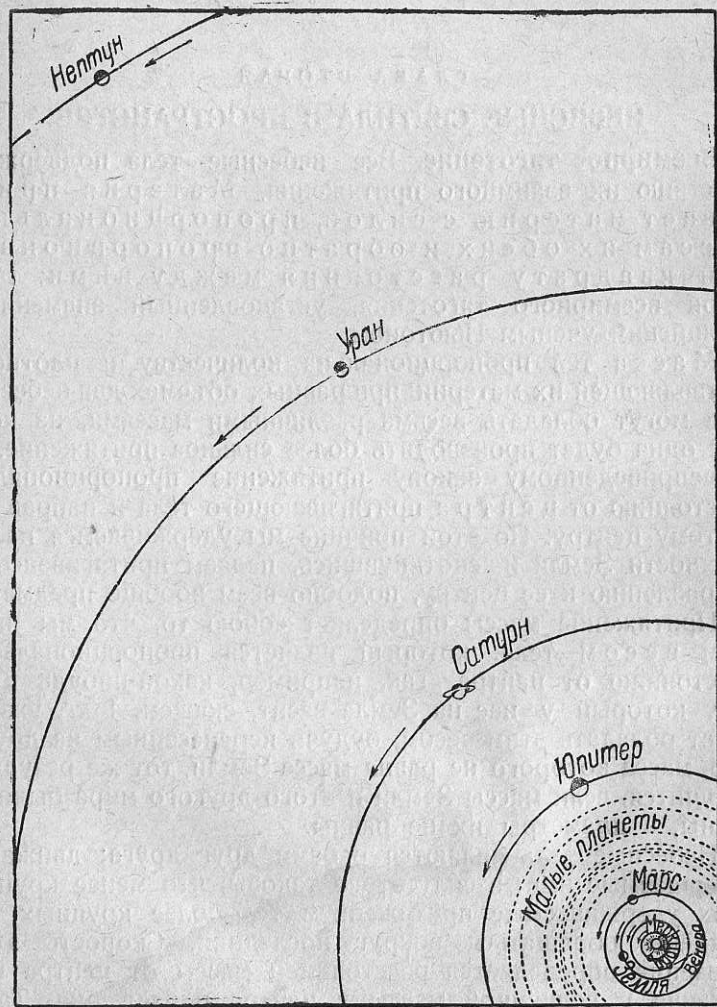


Рис. 21. Общий план планетной системы. Пропорциональные расстояния орбит. Планеты изображены на этом чертеже в совершенно произвольном положении; их сильно преувеличенные размеры также отнюдь не соответствуют действительности, в противоположность пропорциям орбит. Солнце находится внутри орбиты Меркурия. Орбита Плутона на чертеже не показана (См. рис. 22 на стр. 38).

Сатурна, Урана, Нептуна и Плутона, замыкающего известные в настоящее время пределы нашей системы. Между орбитами Марса и Юпитера находится зона астероидов или малых планет, количество которых ежегодно возрастает благодаря новым открытиям. До настоящего времени было обнаружено свыше 1300 малых планет.

Орбиты планет солнечной системы и орбита Земли, не являются строго круговыми: это — эллипсы, некоторые из которых, как, например, орбиты Плутона, Меркурия, Марса и некоторых малых планет обладают весьма заметной вытянутостью или эксцентриситетом; последний настолько резко выражен у малой планеты Эроса, что она, описывая значительную часть своей орбиты, заходит внутрь орбиты Марса.

Планеты	Расстояния		Времена обращения	
	Принимаемое расстояние Земли за 1	В млн. км		
Меркурий . . .	0,3871	58	87 ^d 23 ^h 56 ^m	
Венера	0,7233	108	224 16 48	
Земля	1	149	365 06 09	
Марс	1,5236	228	1 ₂	321 17 43
Малые планеты	Расположены между орбитами Марса и Юпитера		Времена промежуточные между временами обращения Марса и Юпитера	
Юпитер	5,2028	778	11	314 22 00
Сатурн	9,5547	1 428	29	167 04 15
Уран	19,2180	2 873	84	5 14 02
Нептун	30,1096	4 501	164	287 22 18
Плутон	39,5794	5 915	248	313 08 30

Равным образом планетные орбиты располагаются не в одной плоскости, т. е. их нельзя представлять себе начерченными циркулем на одной какой-нибудь общей плоскости: в действительности эти круги слегка наклонены друг относительно друга; наклонения эти, правда, достаточно малы, за исключением только орбит нескольких малых планет и Плутона. Благодаря этому при наблюдении с Земли планеты не удаляются намного от того пути, по которому в плоскости земной орбиты кажется движущимся Солнце; короче говоря, они остаются сгруппированными около плоскости земной орбиты и в перспективе проходят только перед зодиакальными созвездиями. В вышеприведенной таблице показаны главнейшие данные о членах планетной системы;

Законы Кеплера. Это обращение планетных миров вокруг Солнца, являющегося их центром притяжения, происходит согласно законам, установленным гением Кеплера.

Первый закон. Планеты движутся по эллиптическим орбитам, в одном из фокусов которых находится Солнце.

Второй закон. Каждая планета движется таким образом, что радиус, соединяющий ее с Солнцем (радиус-вектор), в равные промежутки времени описывает равные площади.

Третий закон. Квадраты времен обращения планет относятся между собой, как кубы их средних расстояний от Солнца.

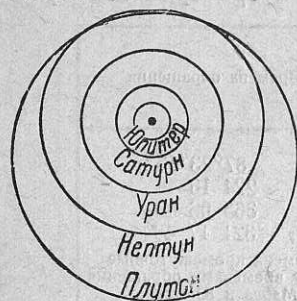


Рис. 22. Орбиты больших планет и орбита Плутона. Маленький черный кружок — орбита Земли.

Видимые пути планет. Все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении. Представим себе игру в деревянные лошадки, из которых та, которая бежит по самому маленькому кругу, движется скорее всех остальных; остальные же пусть движутся по кругам все возрастающих размеров со все убывающими скоростями. Подобным же образом, по сравнению с Землей, некоторые планеты движутся скорее, а другие медленнее; ясно, что мы не можем постоянно видеть их с Земли, от которой они в разное время бывают удалены весьма различно. Вследствие этого мы снова сможем увидеть планеты, только спустя некоторый промежуток времени, особый для каждой из них. Движения, совершаемые планетами (которым, кстати сказать, они обязаны самым своим названием планет, что значит «блуждающие светила»), сочетаясь с движением нашей Земли, обусло-

вливают неправильный характер видимых их движений; в определенные моменты они кажутся неподвижными или даже движущимися в обратном направлении относительно звезд, перед которыми они располагаются вследствие перспективы; в последнем случае впечатление аналогично тому, которое мы получаем, глядя из вагона на какую-нибудь повозку, движущуюся в том же направлении: последняя кажется катящейся назад относительно горизонта.

Планеты, удаленные от Солнца больше Земли, видимы в разное время в различных направлениях. Когда они находятся в точности против Солнца и горят посреди ночного неба, мы говорим, что они находятся в оппозиции. Благодаря своему более быстрому движению Земля их опережает, и по истечении определенного для каждой планеты срока времени они занимают положения, в которых они при взгляде с Земли располагаются под прямым углом от Солнца: они находятся в квадратуре. Наконец дальнейшее движение Земли кажущимся образом все более и более приближает их к дневному светилу, в сиянии которого они исчезают. Они находятся в соединении*, когда они в точности проходят позади него, при взгляде от нас.

Рис. 23 объясняет нам различные положения, которые Земля может занимать относительно планет.

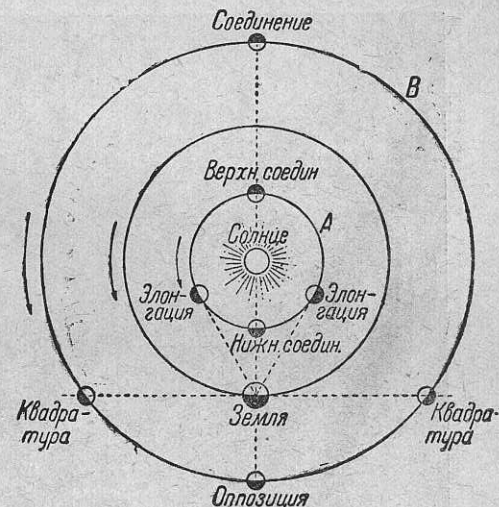


Рис. 23. Видимые положения планет.

А — положение планеты, находящейся между Солнцем и Землей, В — положение планеты, более или менее удаленная орбита которой расположена снаружи от земной орбиты.

* Термин **соединение** применяется также ко всем светилам во всех тех случаях, когда они вследствие перспективы кажутся проходящими одно позади другого: бывают соединения Луны с планетой, двух планет между собой, планеты со звездой.

Однако видимые пути двух планет, Меркурия и Венеры, обращающихся между нами и Солнцем, несколько отличаются от вышеописанных; глядя с Земли, мы можем проследить полностью их прохождение по своим орбитам, видимым в перспективе почти в точности в направлении их плоскостей; в этих условиях движения этих двух планет протекают в форме некоторого рода качаний с одной стороны от Солнца на другую (рис. 24). Моменты наиболее сильных

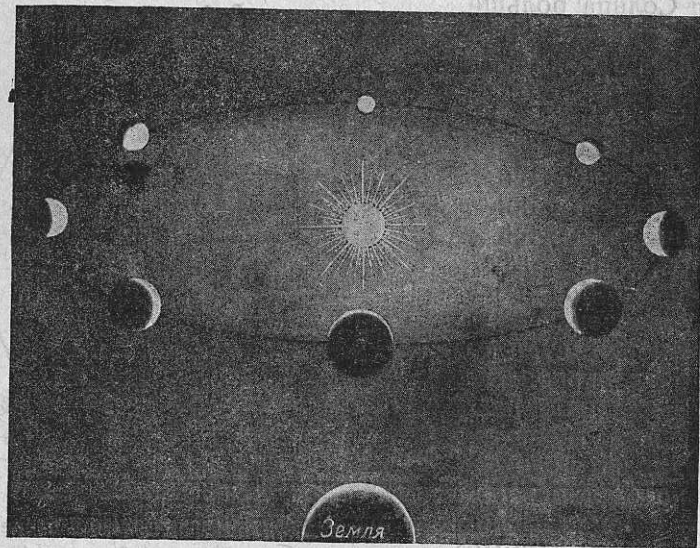


Рис. 24. Объяснение видимого движения и фаз Меркурия и Венеры.

(Эти планеты бывают видимы вечером после захода Солнца или утром перед его восходом вблизи него.)

удалений направо и налево от него называются элонгациями. Таким образом, эти планеты, а в особенности Меркурий, никогда не кажутся сильно удаляющимися от Солнца, вследствие чего они бывают видимы лишь в лучах утренней или вечерней зари. Когда они проходят между Солнцем и нами, то они находятся в нижнем соединении; в положении противоположном они проходят позади Солнца и находятся в верхнем соединении. Как в то, так и в другое время они бывают, вообще говоря, невидимы. Но в определенные даты, когда нижнее соединение имеет место в точ-

ности в точке пересечения орбит одной из этих планет с плоскостью земной орбиты, мы видим ее проходящей перед солнечным диском в виде небольшого черного кружка. Напомним, что планеты ведь являются небесными телами совершенно темными, и что если мы их видим сияющими на небе, то этим они всецело обязаны освещающему их Солнцу. Так же, как мы это видели и в случае Земли (говоря о смене дня и ночи), эти шары, обращающиеся вокруг Солнца, освещаются только наполовину, со стороны, обращенной к дневному светилу. У планет, более удаленных, чем Земля, как, например, у Марса, Юпитера, Сатурна и др., именно эта освещенная сторона почти неизменно обращена к нам. Венера и Меркурий, расположенные между Солнцем и Землей, наоборот, обнаруживают фазы, аналогичные лунным; в этом нетрудно убедиться, взглянув на рис. 24, показывающий последовательные положения, в которых мы можем видеть эти наполовину освещенные небесные тела.

Спутники. Мы видим, что вокруг планет (за исключением Меркурия, Венеры и Плутона) вращаются свои маленькие планетки, называемые спутниками. Их движения подчинены законам, управляющим всеми вообще движениями в солнечной системе. Планеты, окруженные спутниками, как бы повторяют ее в меньших размерах. Земля обладает одним только спутником, Луной, знакомые всем фазы которой обуславливаются последовательными положениями, занимаемыми ее освещенным наполовину шаром на пути вокруг нас. У Марса известно два спутника, у Юпитера девять, у Сатурна тоже девять, у Урана четыре и у Нептуна один.

Кометы. Наконец еще и светила совершенно иного рода входят в состав солнечной системы: это кометы, обладающие столь необычным видом. В противоположность планетам, обращения которых происходят в одном направлении, кометы движутся во всех направлениях, со всех сторон по весьма сильно вытянутым эллиптическим орбитам. Поэтому они могут появляться во всех областях неба.

Звезды и туманности. За пределами нашей системы со всех сторон в неисчислимых количествах сияют звезды. Это — солнца, но настолько от нас удаленные, что они представляются нам всего лишь светящимися точками без видимых размеров. Ни один инструмент не может увеличить нам их изображений. Благодаря перспективе мы видим их столь тесно сгруппированными, что иной раз они представляются невооруженному глазу составляющими целые

светящиеся облака: Млечный Путь, неправильным кольцом опоясывающий все видимое небо, служит наилучшим их примером. Среди отдельных звезд телескопы обнаруживают существование столь тесно сближенных групп, что мы называем их звездными кучами или звездными скоплениями, а затем и также чрезвычайно многочисленных удивительных образований, именуемых туманностями.

Светила в пространстве. Фантастическое расстояние, отделяющее от нас всю эту совокупность светил, исчисляющееся тысячами миллионов километров, кажущимся образом делает ее неподвижной. Она представляется нашим взорам тем парчевым шатром, перед которым совершают свои видимые движения все остальные светила, наши ближайшие соседи, т. е. Солнце, Луна, планеты и кометы. Слово «ближайшие» не является здесь неуместным, потому что далекие звездные миры удалены от нас по меньшей мере на несколько миллиардов километров.

Уверенность, с которой астрономы громоздят эти миллионы и миллиарды, о которых они говорят, как о чем-то совершенно обычном, всегда изумляет непосвященных. «Как смогли измерить столь огромные расстояния за пределами Земли?» — спрашивают они с полным правом.

Измерение расстояний. Принцип такого рода измерений прост. Из двух точек, взаимное расстояние которых известно, образующих базис, определяют направление (угол) видимости третьей точки, расстояние до которой хотят определить; этот прием называется визированием. Таким образом строится треугольник (рис. 25), в котором нам известна одна сторона (базис) и два угла, величины которых определяются с помощью угломерных инструментов. Углы измеряются в градусах, минутах и секундах, причем градус равен одной 360-й доле окружности, минута 60-й доле градуса, а секунда 60-й доле минуты. При астрономических измерениях для большей точности вводятся еще и доли секунды, выраженные в десятичных дробях. По отношению к предмету, находящемуся в бесконечности, визируемый предмет, наблюдаемый из обеих станций, будет казаться занимающим различные положения; его угловое смещение будет в точности соответствовать величине угла, под которым из удаленной точки был бы видим базис. Это то, что называется параллаксом. Зная, во-первых, длину одной из сторон треугольника и, во-вторых, величины его углов, мы без труда можем вычислить длину остальных двух его

сторон. Таким способом и определяется расстояние недоступной нам точки, которую мы визировали.

Если этот способ прост в теории, то на практике он осложняется, поскольку мы захотим приложить ее к измерению астрономических расстояний; происходит это по той причине, что в качестве базиса мы можем располагать только размерами Земли или же величиной, на которую она смещается по своей орбите.

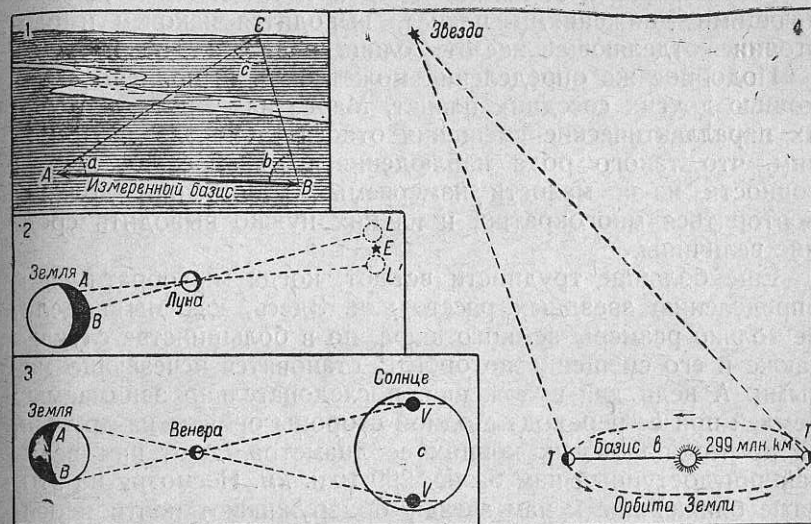


Рис. 25. Измерение расстояний.

(1) Принцип определения расстояний. Из концов базиса A и B измеряются углы a и b , образуемые направлениями к C : получающийся угол c есть параллакс; построенный таким образом треугольник позволяет вычислить расстояние до C . — (2) Параллакс Луны; наблюдаемая из точек A и B Луна кажется находящейся в направлениях L и L' относительно звезды E . — (3) Параллакс Венеры; планета кажется проходящей перед Солнцем в V или в V' , в зависимости от того, наблюдаем ли мы ее из A или из B . — (4) Измерение параллакса звезды, наблюдаемой из двух положений T и T' Земли на концах одного из диаметров ее орбиты.

Однако на Земле мы можем переместиться достаточно для того, чтобы весьма заметным образом изменить видимое место Луны; короче говоря, это светило настолько к нам близко, что к нему такой способ вполне применим. Таким образом было найдено, что наш спутник удален всего лишь на 384 000 км. Несмотря на значительное несовершенство угломерных приборов, которыми располагали древние, они сумели определить это расстояние с поразительной точностью.

Определение же расстояния Земли от Солнца, наоборот, является делом очень тонким, потому что диаметр земного шара ничтожен по сравнению с расстоянием от нас дневного светила. Трудность была преодолена с помощью планеты Венеры, параллакс которой измерялся во время ее прохождений перед диском Солнца, т. е. в моменты наибольших ее приближений к Земле. А из отношения расстояний Солнца от этой планеты и от Земли, определяемого законами, управляющими движениями планет, выводится наконец и расстояние, отделяющее нас от Солнца, равное 149 500 000 км.

Подобное же определение может быть выполнено с помощью других соседних планет, Марса или Эроса, измеряя их параллактические смещения относительно звезд. Прибавим, что такого рода наблюдения всегда требуют особой точности из-за малости измеряемых углов: они должны повторяться многократно, и из них нужно выводить средние величины.

Еще большие трудности встают, когда мы обратимся к определению звездных расстояний. Здесь, как мы видели, не только размеры земного шара, но в большинстве случаев также и его смещение по орбите, становятся исчезающе малыми. А ведь два положения, последовательно занимаемые Землей при ее переходе с одной стороны орбиты на другую, на противоположных концах ее диаметра, дают нам величайший доступный нам базис: 299 млн. км. Несмотря на это, даже ближайшие к нам звезды обнаруживают почти неосознаваемые параллаксы, которые удалось обнаружить только чрезвычайно тщательными измерениями: эти светила удалены от нас на расстояния, исчисляющиеся триллионами* километров; ближайшая к нам звезда отстоит от нас на 41 триллион км. Точность наших измерительных инструментов допускает определение расстояний до нескольких сот триллионов километров. Но огромное большинство видимых звезд находится от нас на еще более огромных расстояниях!

Разве мы не были вправе назвать нашими ближайшими соседями светила солнечной системы? Ведь они сравнительно хорошо доступны нашим исследованиям, потому что, в то время как звезды представляются нам только точками, не обладающими видимыми диаметрами, мы видим Солнце и Луну в виде огромных дисков вследствие значительной их близости. А планеты мы видим в телескоп

* Триллион = 1 000 000 000 000. ○

в виде шаров, на поверхности которых возможно распознать характерные детали.

Видимый диаметр светила не следует смешивать с истинным его диаметром. Видимые нами диски планет, сравниваемые между собою, совершенно не дают представления о соотношении истинных их размеров. Всякий предмет представляется нашему глазу имеющим угловые размеры, зависящие, с одной стороны, от его размеров (линейных), а с другой — от расстояния (рис. 26). Поэтому-то два светила, столь различные по своим размерам, как Солнце и Луна, представляются нам имеющими равные видимые диаметры. Измерение угла, выражающего видимый диаметр небесного светила, позволяет нам вычислить истинный его

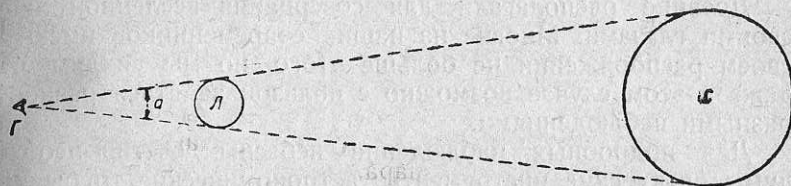


Рис. 26. Видимые диаметры светил.

a — угол, под которым глаз наблюдателя видит диаметр светила. Очень небольшое светило L и другое очень крупное S могут обладать равными видимыми диаметрами вследствие неравенства их расстояний. Это случай Луны и Солнца.

диаметр. Для этого нам необходимо предварительно определить расстояние этого светила.

После изложения этих основных сведений, быть может показавшихся несколько скучными, читатель несомненно пожелает начать путешествие по вселенной, составляющее наиболее увлекательную часть астрономии. Но насколько же это путешествие будет интереснее, если мы сможем совершить его не только мысленно, но и путем непосредственных наблюдений. По этой причине нам показалось целесообразным перед этим описать различные — доступные каждому — средства наблюдения и фотографирования небесных светил; эти указания облегчат нам понимание тех страниц, которые мы в дальнейшем посвящаем наблюдениям различных светил, вместо того чтобы приводить их подробные описания.

Те же из наших читателей, которых вопросы, связанные с наблюдениями, не интересуют, могут обратиться прямо к третьей части книги, рассматривая ее как непосредственное продолжение первой.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Изучение небесных светил на первый взгляд может показаться доступным только отдельным наблюдателям-одиночкам, располагающим огромными и сложными инструментами, установленными в специальных зданиях. Поспешим сказать, что, к счастью, эти сложные установки не являются совершенно необходимыми для наблюдения небесных светил. Многих даже удивляет, что существует возможность отдаться занятиям в, быть может, наиболее увлекательной области науки, располагая для этого поистине лишь весьма скромными средствами.

Древние располагали для созерцания вселенной лишь своими глазами. Многие из наших современников имеют в своем распоряжении не больше этого, но мы увидим, что даже в этом случае возможно с пользой заняться разнообразными наблюдениями.

Для подробных наблюдений небесных светил необходимы оптические инструменты, астрономические трубы или телескопы описанные в первой главе этой части. Оптические инструменты, в зависимости от их устройства известные под названием биноклей, подзорных труб и астрономических труб, более знакомы большинству, чем телескопы, употребляемые на обсерваториях.

Присоединенный к этим инструментам спектроскоп позволяет изучать химический состав небесных светил путем разложения света. Правда, методы спектрального анализа несколько выходят за пределы доступного любительским средствам; однако существует несколько упрощенных моделей, которые по крайней мере позволяют нам освоиться с основами спектрального анализа, что всегда поучительно.

Наконец фотография все более и более становится незаменимым средством современной астрономии. Из приведенного во второй главе этой части описания фотографических инструментов мы увидим, что применение ее общедоступно.

Третья глава этой части посвящена описанию устройства любительских астрономических обсерваторий.

Четвертая глава содержит ряд практических советов и указаний по технике любительских астрономических наблюдений, рассчитанных преимущественно на начинающих любителей.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Подробные наблюдения небесных светил могут осуществляться только с помощью оптических инструментов, действие которых, как мы знаем, основано на свойствах линз и вогнутых зеркал и их сочетаний. В наши задачи не входит излагать на последующих страницах полную теорию этих инструментов, как это обычно делается в курсах физики; мы ее только напомним в немногих словах для лучшего понимания устройства некоторых приборов.

К тому же основной нашей целью является использование для изучения неба этих инструментов, некоторые типы которых хорошо знакомы благодаря повседневному их употреблению.

Бинокль. Этот инструмент хорошо известен. Несмотря на малую его увеличительную силу, он уже позволяет распознавать подробности, недоступные невооруженному глазу. Простой театральный бинокль удваивает нашу зоркость. Более сильные полевые и морские (призматические) бинокли увеличивают в 4, в 8 и в большее число раз*.

Эти инструменты обладают значительным преимуществом, заключающимся в том, что они позволяют нам одновременно пользоваться обоими глазами, что весьма ценно для наблюдений. Обширность их поля зрения, т. е. большая поверхность области неба, видимой в бинокль в поле зрения сразу, делает применение их в определенных случаях весьма полезным. Предметы представляются в бинокль в их обычном положении, тогда как астрономическая труба их переворачивает. Это преимущество вместе с обширностью поля зрения делает этот инструмент весьма удобным для нахождения определенных светил по карте, которую

* В последнее время Всесоюзным объединением оптико-механической промышленности выпущены в продажу так называемые монокуляры, представляющие собою половинки 6- и 8-кратных призматических биноклей. Благодаря их дешевизне (монокуляр дешевле бинокля в 8—10 раз) и высоким оптическим качествам эти монокуляры с большой пользой смогут быть использованы начинающими астрономами-любителями. *Прим. перев.*

при этом не приходится поворачивать; это заметно облегчает начинающим такого рода поиски *.

При держании бинокля в руках невольное их дрожание, вследствие неудобного положения при наблюдениях светил, находящихся высоко над головой, порой весьма сильно затрудняет эти наблюдения. Поэтому всегда, когда это только возможно, следует искать точки опоры, облокачиваясь на подоконник или перила балкона. При наблюдениях, производимых под открытым небом, следует взять толстую палку, высота которой была бы такова, чтобы верхний ее конец приходился немного выше наших глаз в сидячем положении. На эту палку, зажатую между коленями, и опирают бинокль, после чего оказывается возможным вести наблюдения (рис. 27) так же удобно, как если бы инструмент покоился на подставке.



Рис. 27. Наблюдение в бинокль.

Подзорные трубы. Эти инструменты, состоящие из несколькихдвигающихся друг в друга медных трубок и благодаря этому весьма удобные для переноски, хорошо известны. В самой широкой из этих трубок укреплен объектив, а в самой узкой окуляр.

Морские подзорные трубы состоят всего лишь из двух трубок. Более длинная из них (обычно деревянная) составляет почти всю трубу, а меньшая несет в себе окуляр. Эта модель обладает тем весьма ценным преимуществом, что она гораздо устойчивее предыдущей, весьма подверженной изгибанию и потере правильной центровки линз вследствие недостаточно плотного вхождения многочисленных трубок одна в другую.

Незначительные сами по себе увеличения, даваемые подзорными трубами, обычно во много раз превосходят увеличения, даваемые биноклями. Этими подзорными или, как их иначе называют, зрительными трубами мы можем пользоваться для наблюдения некоторых деталей определенных светил.

Подзорная труба с объективом диаметром в 31 мм обычно увеличивает в 15 раз; при диаметре объектива в 36 мм

* Читателям, располагающим биноклями (или монокулярами), рекомендую книгу М. Е. Набокова «Астрономические наблюдения с биноклем» (ГИЗ, М. — Л. 1928), в которой в общедоступной форме дается теория биноклей и даются указания к наблюдениям с биноклем различных небесных светил. *Прим. перев.*

увеличение, даваемое ими, возрастает до 20 раз, и оно достигает 30 раз у объективов диаметром в 50 мм. Эти примеры отнюдь не дают нам абсолютных цифр, а только средние величины, пригодные для большинства моделей работы различных фабрик.

Тем не менее, рассматривая эти средние величины, мы найдем, что в действительности такие увеличения отнюдь не велики и не отвечают полной оптической силе этих инструментов. Для того чтобы хорошенько понять это, а также и для объяснения различных их видоизменений, о которых мы будем говорить, лучше всего будет предварительно в общих чертах напомнить теорию астрономической трубы.

Теория астрономической трубы. Линза, называемая объективом, дает в противоположном конце инструмента, весьма близко от его фокуса, перевернутое изобра-

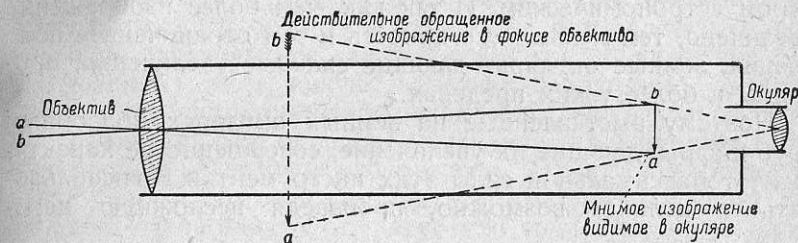


Рис. 28. Теория астрономической трубы.

жение рассматриваемого предмета. Это изображение, очень небольшое по сравнению с наблюдаемым предметом, увеличивается с помощью маленькой линзы или окуляра. Этот последний действует как всякая лупа, в которую мы рассматриваем близкие предметы: он сильно увеличивает, не перевертывая при этом изображения (рис. 28).

На практике вместо простых линз, дающих несовершенные изображения, окрашенные в различные цвета спектра, в качестве объектива пользуются комбинацией двух линз различной кривизны и различного химического состава. Это сочетание двух линз имеет целью устранение влияния сферической аберрации и получение четких и бесцветных (ахроматических) изображений.

Увеличение соответствует отношению фокусных расстояний объектива и окуляра. Труба с фокусным расстоянием объектива в 1 м и окуляра в 1 см увеличивает в 100 раз.

Мы только что видели, что астрономическая труба дает обратные изображения. Это не составляет никакого неудобства при наблюдении астрономических явлений, потому что планетные диски и звездные точки не имеют ни верха, ни низа. Но земные пейзажи было бы крайне неудобно рассматривать в перевернутом виде, т. е. «вверх ногами». Для того чтобы видеть их в обычном положении, необходимо видоизменить устройство окуляра подзорной трубы, введя дополнительные линзы, вновь опрокидывающие изображение; таким именно образом устроены подзорные трубы, называемые также земными трубами. Это введение дополнительных линз влечет за собою потерю света, так как вещества, даже наиболее прозрачные, поглощают некоторое количество проходящих сквозь них световых лучей. При одном и том же увеличении изображение, даваемое земным окуляром, менее отчетливо, чем изображение, даваемое окуляром астрономическим. И так как, чем более изображение увеличено, тем меньше его яркость и тем ограниченнее поле зрения, земные окуляры, дающие сильные увеличения, пригодны в более узких пределах.

Поэтому выставленные на земных окулярах подзорных труб цифры, дающие их увеличение, совершенно не характеризуют максимальной силы этих инструментов. Но использовать ее целиком возможно, произведя несложную переделку.

Переделка подзорной трубы. Линзы, образующие земной окуляр, вынимаются (предварительно хорошенько запомнив их взаимное расположение, с тем чтобы всегда возможно было вставить их обратно), и на их место вставляется иной окуляр, состоящий из простой сильной линзочки малого размера. Заметим однако, что для начала можно ограничиться удалением половины земного окуляра, извлекая пару линз, находящуюся ближе к объективу; после этого в нем останутся только линзы, выходящие к глазу; эти последние образуют астрономический окуляр среднего увеличения, но обладающий весьма обширным полем зрения и дающий ясное и яркое изображение.

Для получения более сильных увеличений, нужно воспользоваться маленькими, весьма короткофокусными линзочками, которые можно приобрести у любого оптика.

Чем короче будет фокусное расстояние этой линзочки, тем, разумеется, получаемое увеличение будет значительнее. Однако существуют пределы полезного увеличения, ве-

личина которого примерно вдвое превышает количество миллиметров диаметра объектива: 30-миллиметровый объектив легко выдерживает полезное 60-кратное увеличение и т. д. В случае крайней необходимости можно пользоваться еще несколько более крупными увеличениями. Но здесь нужно во-время остановиться, так как, пытаясь достигнуть слишком больших увеличений, мы вообще не увидим ровно ничего. Оптическая сила объектива ограничена. Она соответствует его способности давать раздельные изображения близких точек; переходя эту границу, изображение обеих точек остается слитым в одно общее пятно, причиной чего является дифракция. Более сильное увеличение уже не разделяет этих двух рассматриваемых точек: изображение будет более крупным, но неотчетливым, а главное не будет содержать ни одной дополнительной детали.

Таким образом, мы легко сможем произвести расчет, необходимый для переделки подзорной трубы в астрономическую. Диаметр объектива сейчас же определит нам наибольшую достижимую оптическую силу, а фокусное его расстояние укажет, какую линзочку необходимо выбрать для достижения этой наибольшей силы. Фокусное расстояние объектива мы определим, измерив, на каком расстоянии он дает отчетливое изображение Солнца (или Луны) на куске белого картона. Так как это изображение будет получаться очень близко от фокуса, то точность такого определения будет более чем достаточна. После этого нетрудно будет соорудить набор окуляров из маленьких линзочек, фокусные расстояния которых, например в пределах от 5 до 15 мм, можно измерить таким же образом в том случае, если она не была сообщена при покупке.

После удаления всех линз земного окуляра от него останется одна пустая трубка, по своему поперечнику значительно превосходящая диаметр линзочек, которыми мы хотим воспользоваться. Возьмем какой-нибудь цилиндрический предмет вроде карандаша, несколько меньшего диаметра, чем отверстие трубки. На этот стержень намотаем полоску черной матовой бумаги, которую будем туго натягивать и подклеивать оборот за оборотом до тех пор, пока у нас не получится толстая трубочка, которая с некоторым трением входила бы в окулярную трубку. Окончив изготовление бумажной трубочки и вытянув из нее стержень, мы и получим трубку, предназначенную для укрепления на ней маленькой линзочки. Последняя тщательно

приклеивается своими краями (рис. 29), причем следует стремиться укрепить ее возможно более точно; необходимо, чтобы плоскость ее была строго перпендикулярна к оси окулярной трубки, а вместе с этим и всей трубы.

Эти маленькие бумажные трубочки, несущие на себе окуляры, должны быть все одинакового диаметра, с тем чтобы они мягко входили в окулярную трубку, но в ней отнюдь не болтались. Будучи слишком узкими, они выпадали бы

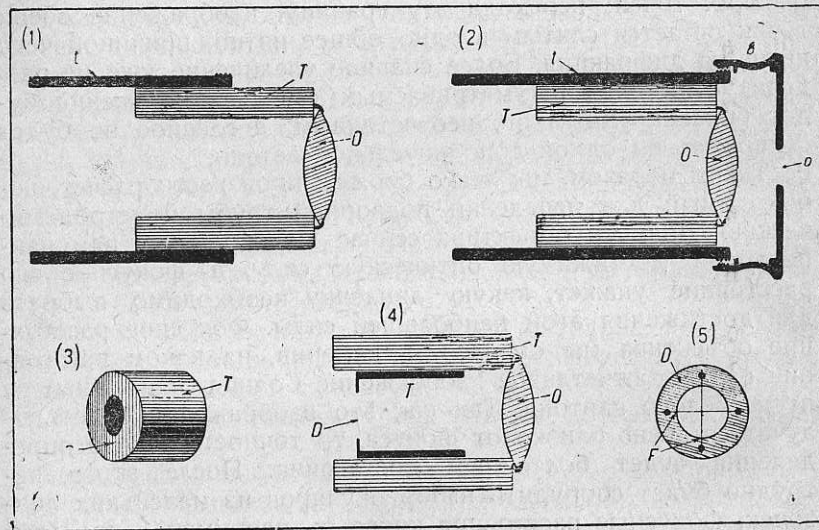


Рис. 29. Изготовление окуляра.

(1) Трубка T из черной бумаги, к которой приклеена линза L , плотно, но мягко входит в окулярный конец t трубы. — (2) Вставив на место окуляр, поверх него вновь навинчивается окулярная крышка с глазком O . — (3) Диафрагма D , приклеенная к небольшой трубочке T' , изготовленной, подобно окулярной трубке. — (4) Диафрагма вставлена в окуляр на надлежащем расстоянии от линзы; расстояние это достигается путем вдвигания T' до тех пор, пока края D не будут отчетливо ограничивать поле зрения. — (5) Крест нитей F , образованный двумя нитками, прикрепленными к диафрагме.

при сильном наклоне инструмента, а будучи слишком широкими, они вдвигались бы настолько туго, что их при передвижениях легко было бы повредить.

Такие склеенные бумажные трубки применимы не только для укрепления маленьких линзочек, но и для прочих нужд, связанных с изготовлением окуляра. В самом деле, если в нашем распоряжении имеется микроскоп, то мы можем воспользоваться его окуляром, всегда обладающим высокими

оптическими качествами; для этого необходимо будет только укрепить его в окулярной трубке только что описанным способом.

Полезно, если это только возможно, закончив сборку окуляра, навинтить обратно и его крышечку или глазок, закрывающий земной окуляр снаружи и предохраняющий линзы от возможных повреждений. Он облегчает также и сохранение правильного положения глаза тем, что взгляд при его употреблении может проходить только через весьма узкое отверстие, находящееся в середине этого глазка.

Более отчетливая видимость будет достигнута, если мы снабдим окуляр диафрагмой, помещенной внутри него (рис. 29). Наиболее выгодное положение диафрагмы определяется путем последовательных проб. Кроме того, как мы увидим впоследствии, для производства некоторых определенных наблюдений окуляр полезно снабдить крестом нитей; эти последние приклеиваются к подвижной диафрагме, что позволяет установить ее на надлежащем расстоянии от окулярной линзочки, для того чтобы их изображение было весьма отчетливым. Эти нити должны быть очень тонкими; мы можем изготовить их, вытягивая тонкую стеклянную трубку на газовом или спиртовом пламени.

Изготовление самодельной астрономической трубы. Во всех вышеприведенных случаях предполагалось, что основной инструмент, т. е. какая-нибудь подозрительная труба, уже имеется в распоряжении читателя. Будет небезынтересным описать, как в крайнем случае за отсутствием таковой можно соорудить совсем простую астрономическую трубу из имеющихся под руками материалов. Если оптические качества такого инструмента, который мы сейчас опишем, и оставляют желать много лучшего, то все же с его помощью мы сможем разглядеть некоторые характерные особенности определенных светил. Поистине интересно проследить, в какой степени наблюдения небесных светил возможно осуществить с помощью простейших средств; во всяком случае это представляет собою интересный опыт, а с другой стороны, этот же самый инструмент, — как мы это увидим позднее, — окажет нам заметные услуги при фотографировании небесных светил.

Объектив можно купить у любого оптика: это простое очковое стекло. Эти линзы диаметром в 35 мм обладают длинными фокусными расстояниями, определяемыми их размерами: так, например, линзы № 71 обладают фокусным

расстоянием в 2 м, № 55 — в 1 м 50 см, № 38 — в 1 м *. При таких соотношениях диаметра линзы и ее фокусного расстояния абберация, даваемая этими простыми линзами, не играет существенной роли.

Трубка, в которой нужно будет укрепить этот объектив, при таких пропорциях по своему виду будет напоминать скорее духовое ружье, чем астрономическую трубу. Эта длинная трубка может быть изготовлена двумя способами: ее можно заказать жестянщику или же сделать собственно-

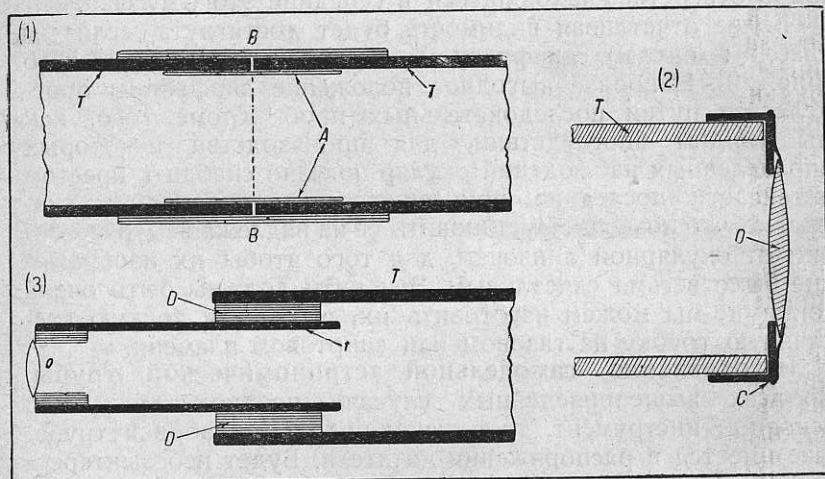


Рис. 30. Изготовление астрономической трубы.

(1) Скрепление картонных трубок T и T' , сдерживаемых внутри тонким картонным кольцом A , а снаружи бумажной обмоткой B . — (2) Укрепление объектива O на крышке C , надеваемой на верхний конец трубки T трубы. — (3) Укрепление окуляра o на маленькой подвижной трубке t , входящей внутрь трубы, в которой она удерживается промежуточным толстым кольцом D , свернутым из бумаги.

ручно из толстых картонных трубок, употребляемых для пересылки бандеролей. В последнем случае для достижения желаемой длины несколько таких трубок сращиваются концы с концами полосами прочной бумаги, многочисленные витки которой следует натягивать возможно туго и прочно приклеивать. Укрепление объектива на этой трубке

* В СССР такая нумерация линз не принята, и форма их, определяющая их оптические свойства, характеризуется диоптриями. Диоптрия есть величина, обратная фокусному расстоянию, выраженному в метрах. Таким образом, линза в 1 диоптрию обладает фокусным расстоянием в 1 м, линза в две диоптрии — в 50 см, а линза в $1/2$ диоптрии — в 2 м. Прим. перев.

осуществляется с помощью крышки круглой картонной коробки (особенно хороши для этого аптечные коробки), насаживаемой на конец трубки. В этой крышке вырезается отверстие немного меньшего диаметра, чем объектив. К краям его и приклеивается клеем или сургучом объектив, поверхность которого для большей прочности полезно наклеить узкое бумажное кольцо. Скрепления отдельных частей, обладающих, кстати сказать, совершенно достаточной прочностью, изображены на рис. 30. Окуляр, изготовленный ранее описанным способом, укрепляется в более узкой трубке, могущей вдвигаться внутрь главной трубки; это необходимо для наведения на фокус. Что касается остального, то подробное рассмотрение этого рисунка дает больше всяких пространственных объяснений, и читатель, на изобретательность которого в отношении конструкции деталей мы рассчитываем, найдет в нем все необходимые указания *.

Повторяем, оптические свойства такого инструмента оставляют желать лучшего. Теоретически будучи в состоянии дать довольно сильные увеличения, он, несмотря на все старания, приложенные при его изготовлении, будет давать изображения, окрашенные в различные цвета спектра, что заметно ухудшает видимость некоторых деталей. Но, как бы то ни было, получаемые результаты достаточно любопытны с точки зрения предельной простоты используемых средств и тем самым заслуживают нашего внимания.

Подставки и штативы. Астрономическую трубу совершенно необходимо установить на какой-либо, но непременно устойчивой подставке или штативе. Малейшее колебание этой установки порождает дрожание изображения (пропорциональное увеличению), из-за которого изучение деталей делается совершенно невозможным.

Настоящие астрономические трубы всегда снабжены прочной установкой, но обыкновенные зрительные трубы за малыми исключениями лишены этого удобного приспособления; в повседневной практике этими инструментами пользуются, облокачиваясь на дерево, на подоконник и т. п.

Для работы с этими инструментами у всех оптиков можно найти деревянные треноги, похожие на штативы для фотографических аппаратов. Головка их снабжена отверстием

* Более подробные указания о постройке трубы и сооружении штатива читатель найдет в книжке А. А. Чикина «Астрономическая труба из очковых стекол». С добавлением П. В. Албычева, ГТТИ, М. — Л, 1932. Прим. перев.

с вделанным в него металлическим кольцом, в котором вращается толстая металлическая ось, на которой инструмент поворачивается в горизонтальном направлении. А для вращения его в вертикальной плоскости головка штатива снабжена шарниром с горизонтальной осью, на которой и укреплена зрительная труба.

Подобное устройство нетрудно соорудить своими средствами на фотографическом штативе (деревянном). Для этого потребуется только четыре дощечки и шесть винтов или гвоздей (рис. 31). Это устройство действует прекрасно

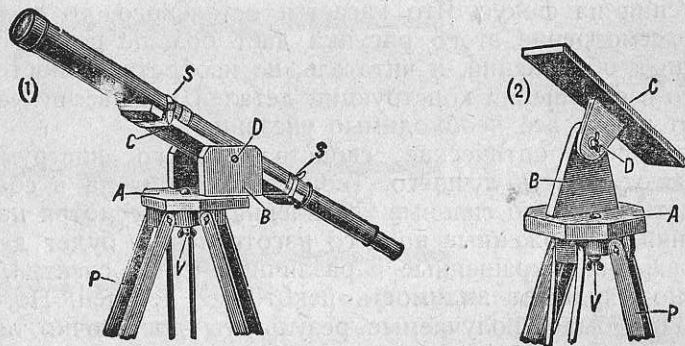


Рис. 31. Простые подставки для труб.

- (1) А — площадка, поворачивающаяся на фотографическом штативе Р вокруг его винта V; дощечка С, поддерживающая трубу, поворачивается, как на шарнире, между опорами В вокруг винтов D (образующих ось) или же (2) вокруг болта с барашковой гайкой D, скрепляющей с одной опорой В. Труба привязана широкими ремнями из материи S.

в тех случаях, когда укрепленный на нем инструмент сравнительно легкий, каковы все обыкновенные подзорные трубы. Полезно, прежде чем закреплять наглухо винты или гвозди, вокруг которых осуществляется вращение, смазать трущиеся поверхности мылом или посыпать их тальком; это обусловит большую плавность движений, что чрезвычайно важно.

На этой подставке инструмент укрепляется с помощью широких ремней из материи. Таким образом будет закончено сооружение настоящей небольшой астрономической трубы.

Другое похожее устройство, которое также нетрудно изготовить собственными средствами, изображено на том же рис. 31. Однако первая из этих двух моделей обеспечит большую устойчивость инструмента при том, разумеется, непрременном условии, что она будет изготовлена весьма

тщательно. В самом деле, необходимо, чтобы установку инструмента можно было поворачивать достаточно легко, но чтобы труба отнюдь не повертывалась сама, перевешивая более тяжелым своим концом; без этого наведение инструмента на какое-нибудь светило могло бы быть нарушено малейшим сотрясением. Этому способу должно быть оказано предпочтение в случае установки трубы, построенной из очковых стекол, всегда обладающей значительной длиной. Кроме того лучше было бы осуществлять этим путем монтировку инструмента не на фотографическом штативе, а на треноге больших размеров, обеспечивающих большую устойчивость. Равным образом отдельные части описанного устройства следует изготовлять более крупного размера; особенно это относится к боковым дощечкам В, которые должны охватывать планку С, поддерживающую трубу почти по всей ее длине.

Итак, мы познакомились с простейшими инструментами, все же способными перенести нас достаточно далеко в пространство. Теперь мы обратимся к описанию инструментов совершенных по своей конструкции и по своим качествам: это — астрономические трубы и телескопы, целый ряд моделей которых был выпущен различными фабриками. Одним из таких инструментов мы и должны обзавестись, желая предпринять серьезные наблюдения, не выходящие однако за пределы любительских работ, которые мы только и будем иметь в виду.

Астрономические трубы. Эти инструменты могут рассматриваться как усовершенствованный тип только что описанных.

Корпус этих труб по своему внешнему виду несколько отличается от корпуса подзорных труб. Почти по всей их длине он состоит из одного куска, образующего прочную трубу, обладающую большой жесткостью, что является необходимым условием ввиду значительных размеров этих инструментов. Окулярный конец их снабжен двумя вдвигающимися одна в другую трубками; одна из них снабжена мелкой кремальерой, позволяющей производить наводку на фокус с весьма большой точностью. Модели различных конструкторов обладают незначительными различиями в устройстве деталей инструмента.

Наоборот, объективы имеют определенные диаметры и пропорциональные им фокусные расстояния, соотношения которых остаются почти неизменными. Нижеприводимая

табличка дает диаметры наиболее часто встречающихся объективов, равно как увеличение наиболее сильных окуляров, полезное применение которых они обеспечивают. Последние цифры, являясь только примерными, допускают отклонения как в ту, так и в другую сторону в зависимости от качества и фирмы, изготовлявшей эти инструменты. Кроме того все они при продаже снабжаются набором окуляров различной силы.

Некоторые современные конструкторы приняли для диаметров объективов метрическую систему мер, изготовляя их, например, ровно в 80 мм или в 100 мм; но это не составляет заметной разницы.

Диаметры объективов	Увеличения	Диаметры объективов	Увеличения
43 мм	50 раз	81 мм	200 раз
54 »	75 »	95 »	240 »
75 »	150 »	108 »	270 »

Превышая вышеуказанные размеры, мы совершенно выходим за пределы, доступные любителям, потому что трубы приобретают характер инструментов, применяемых на обсерваториях; да даже и обладая объективами диаметров, указанных в конце таблички, трубы становятся очень дорогими.

Не ограничиваясь созданием конструкции, допускающей быструю наводку инструмента на любую точку неба, что является совершенно необходимым при астрономических наблюдениях, были приложены старания к тому, чтобы обеспечить известные удобства при его поворотах. Ведь на самом деле еще недостаточно направить инструмент на желаемую точку неба. Мы уже говорили, что вследствие вращения Земли светила кажутся быстро перемещающимися: они скоро покинут поле зрения трубы. Поэтому при более или менее продолжительных наблюдениях постоянно приходится поворачивать инструмент и вновь находить светило, беспрерывно убегающее из поля зрения. А для этого приходится осуществлять вращение инструмента вокруг обеих его осей, горизонтальной и вертикальной. Последнее в более совершенных установках сильно облегчается применением винтовых червяков, снабженных специальными рукоятками.

Типы различного вида установок изображены на рис. 32, 33, 34 и 35. Приведенные общие указания наряду

с дополнительными замечаниями, содержащимися в дальнейшем изложении, позволят лучше разобраться в каталогах оптических инструментов различных фирм.

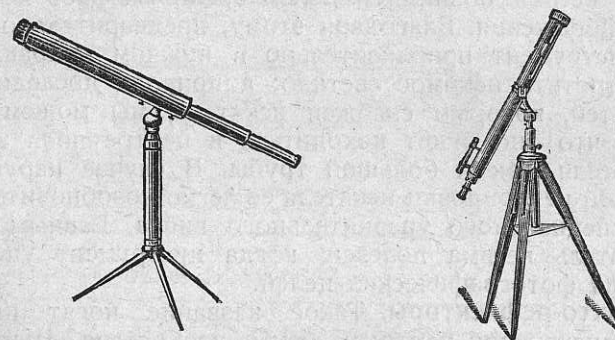


Рис. 32 и 33. Любительские астрономические трубы.

Весьма практичным приспособлением, становящимся совершенно необходимым у инструментов, обладающих сколько-нибудь значительной оптической силой, становится добавочная маленькая трубка или искатель, прикрепленная

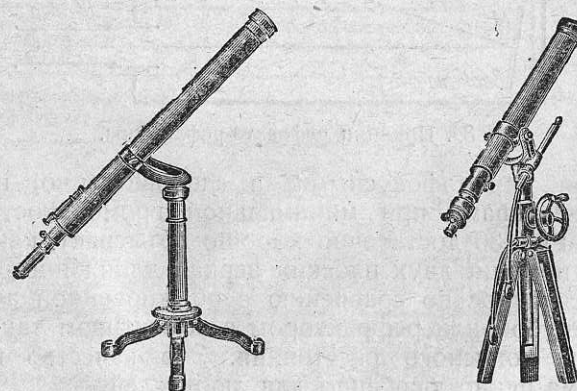


Рис. 34 и 35. Любительские астрономические трубы.

к его корпусу в строго параллельном положении (см. рис. 33). Действительно, при пользовании значительными увеличениями поле зрения становится весьма ограниченным; мы встречаем значительные трудности при точном наведении инструмента, особенно когда необходимо бывает отыскать

светило, невидимое невооруженным глазом. Искатель, как весьма правильно указывает самое его название, облегчает поиски небесных светил. Снабженный слабым окуляром, он обладает весьма обширным полем зрения и дает ясные и яркие изображения. Благодаря этому, предварительно установив инструмент приблизительно в нужном направлении, легко встретить искомое светило; а приводя последнее на крест нитей, которым снабжен искатель, мы можем быть уверены, что оно будет находиться в центре поля зрения как искателя, так и большой трубы. В случае нарушения правильной центровки искателя ее легко возобновить с помощью специального уравнивательного винта. Равным образом искатель весьма полезен, когда инструмент употребляется для фотографических целей.

Рефракто-рефлекторы. Такое название носят инструменты, конструкция которых была изобретена Шером в Женеве. Главным их достоинством является возможность

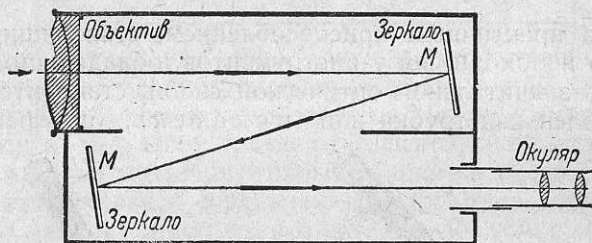


Рис. 36. Принцип рефракто-рефлектора.

пользования длиннофокусными, а следовательно, и сильными, объективами при минимальной громоздкости всей установки. Рис. 36 достаточно хорошо объясняет, каким образом при помощи двух плоских зеркал длина инструмента сокращается втрое по сравнению с обыкновенной астрономической трубой или рефлектором с объективом такого же диаметра и фокусного расстояния. Это качество инструмента весьма ценно, особенно для любителей.

Инструмент такого устройства обладает компактной формой, обеспечивающей большую его устойчивость*.

Рефлекторы. В рефлекторах, или отражательных телескопах, роль объектива играет вогнутое посеребренное

* Крупным недостатком рефракто-рефлекторов, вследствие которого они не получили сколько-нибудь значительного распространения, является дополнительное поглощение света в двух плоских зеркалах. *Прим. пера.*

стеклянное зеркало, помещенное в нижнем конце широкой трубы инструмента. Рис. 37 в общих чертах напоминает нам теорию этих инструментов.

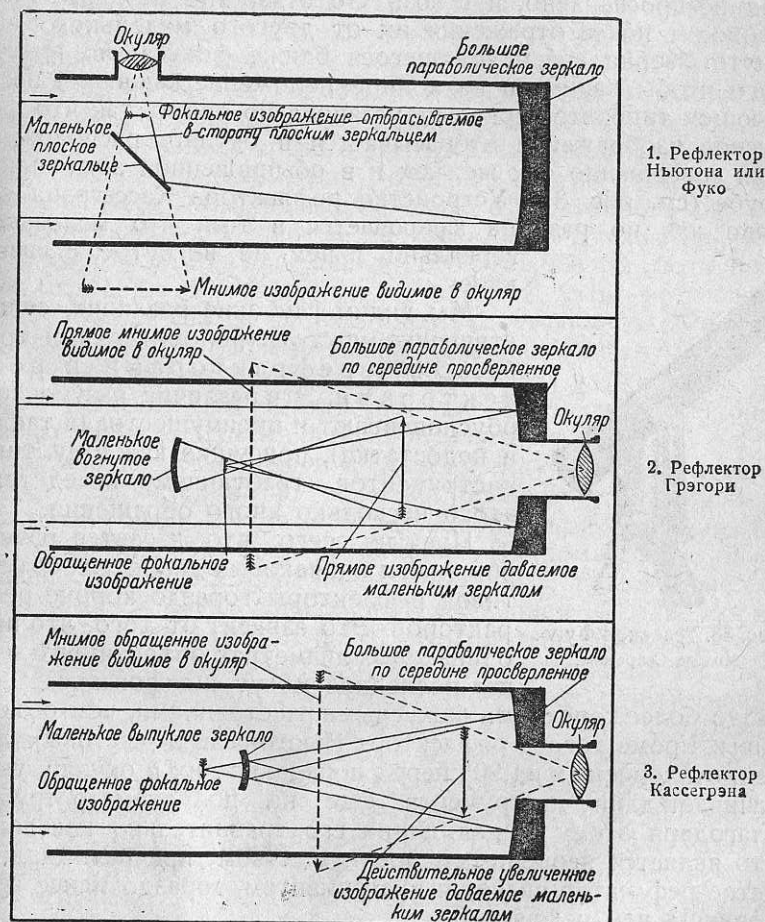


Рис. 37. Принцип рефлекторов.

В типе Ньютона или Фуко (наиболее употребительном) для наблюдения изображения, получающегося в фокусе зеркала, имеется маленькое плоское зеркальце, или призма с полным внутренним отражением, расположенное несколько ближе фокуса. Оно отбрасывает световые лучи под прямым

углом в окуляр. Этот последний помещен сбоку трубы и снабжен кремальерой совершенно так же, как и окуляр зрительной трубы. В модели Грегори вогнутое зеркало посередине просверлено, и сквозь это отверстие световые лучи проходят после отражения их от другого маленького вогнутого зеркальца, находящегося ближе фокуса; но вместо того чтобы занимать наклонное положение, как в предшествующем типе, это зеркальце установлено прямо, так что фокусное изображение отбрасывается в окуляр, расположенный совершенно так же, как и в обыкновенной зрительной трубе (см. рис. 37). Устройство рефлектора Кассегрена таково же, но разница заключается в том, что маленькое зеркальце в нем не вогнутое, а выпуклое.

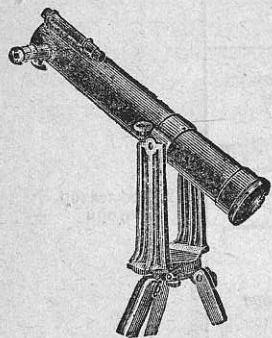


Рис. 38. Телескоп Фуко.
Модель Секретана.

Мы видим глубокие различия, существующие между астрономическими трубами, или рефракторами и рефлекторами. Эти различия, разумеется, обуславливают и преимущества (а также и недостатки), присущие каждому типу инструментов, требующему вследствие этого несколько иного обращения. Прежде всего, что касается размеров, — при одинаковых диаметрах объективов рефлекторы гораздо короче рефракторов. Это зависит от того, что при одинаковых диаметрах объективов и зеркал последние могут шлифоваться с гораздо более короткими фокусными расстояниями, чем объективы. Кроме того в рефлекторе Ньютона путь световых лучей, отклоняемых на 90° перед попаданием их в окуляр, укорачивает длину инструмента еще на полудиаметр трубы, благодаря этому общая длина его сравнительно невелика. Это является неопределимым преимуществом: при равном диаметре рефлектор является инструментом, гораздо менее громоздким, чем рефрактор.

Другое удобство заключается в устройстве рефлектора Фуко. Горизонтальное положение окуляра, укрепленного в верхней части трубы (рис. 38), позволяет вести наблюдения в очень удобном положении; при этом не приходится ни нагибаться, ни запрокидывать голову назад, как при работе с обыкновенными астрономическими трубами и с рефлекторами других типов.

Однако эти значительные преимущества рефлекторов уравновешиваются не менее существенными их недостатками. Потеря света при отражении больше, чем при преломлении, благодаря чему при одинаковых отверстиях рефлектор дает менее ясные изображения (т. е. будет обладать меньшей светосилой), чем рефрактор, а вследствие этого рефлектор не сможет выдержать и столь же сильных увеличений, как рефрактор. Кроме того, что не менее важно, слой серебра, которым покрываются зеркала, весьма нестоек: соприкасаясь с воздухом, оно довольно быстро темнеет, что обуславливает необходимость частого повторного их серебрения заново. Несмотря на свою незначительность, эта операция обходится довольно дорого в том случае, если производить ее не собственными средствами (что не совсем просто); этим самым необходимость постоянного ее повторения удорожает первоначальную стоимость инструмента.

Но все же, что касается стоимости, то рефлекторы гораздо дешевле рефракторов, о чем мы и должны хорошенько подумать перед покупкой инструмента*.

Установка рефлекторов по своему типу столь же проста, как и рефракторов, но обладает большей устойчивостью благодаря более короткой и массивной форме инструмента.

Неудобства простых установок. Припомним, что было сказано (см. стр. 26) по поводу видимого вращения небесной сферы, обуславливаемого движением Земли. Кроме того мы уже указывали на то, что для следования за светилом в его движении необходимо производить двойное смещение, а именно поворачивать инструмент одновременно и в горизонтальной и в вертикальной плоскостях. Это двойное движение составляет первое неудобство. Но существует еще и другое и притом более важное: хотя мы и сможем таким способом удержать светило в поле зрения, но оно не будет сохранять в нем неизменного положения, кающимся образом поворачиваясь в нем в направлении движения часовой стрелки (рис. 39). Это постоянное изменение ориентировки изображения не играет существенной роли при визуальных наблюдениях. Но при фотографировании, когда во время экспозиции снимаемая область неба должна казаться совершенно неподвижной относительно аппарата, это

* Читатели, желающие попытаться построить самодельный рефлектор, найдут необходимые указания в книге С. В. Муратова «Зеркальный телескоп и его изготовление домашними средствами», 2-е изд., Научное книгоиздательство, Л. 1929. *Прим. перев.*

явление совершенно недопустимо. Во избежание его инструмент, будь то рефрактор или рефлектор, должен обладать экваториальной или параллактической установкой. Она позволяет легко и точно следовать за видимым вращением небесной сферы.

Принцип параллактических установок. Для того чтобы инструмент мог точно следовать за видимым движением светил, необходимо, чтобы направление одной из его осей было параллельно оси мира, соединяющей полюсы неба, вокруг

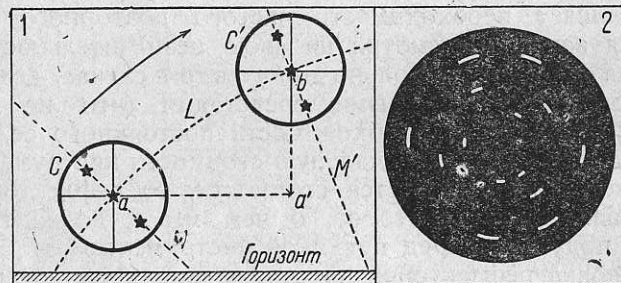


Рис. 39. Кажущееся движение небесной сферы.

(1) Видимое движение некоторого участка звездного неба (вскоре после его восхода). Переместившись из M в M' , меридиан и звезды, на нем находящиеся, изменяют свою ориентировку относительно горизонта и свои положения C в C' в поле зрения трубы на вертикальной (азимутальной) установке. Действительно, при такой монтировке трубы перемещение из C в C' является равнодействующей двух движений: поворота в горизонтальном направлении на расстояние (угол) aa' и поднятия трубы в высоту на расстояние (угол) $a'b$. Как нетрудно понять, в этих условиях звезды кажутся вращающимися вокруг центра поля зрения, что придало бы фотографическому снимку вид, изображенный на рис. (2).

которой происходит вращение небесной сферы. Мы уже знаем, в каких направлениях эти точки видимы с различных точек земной поверхности (см. стр. 26). Отсюда следует, что инструмент должен быть установлен таким образом, чтобы ось его, направленная точно к полюсу неба, была наклонена к горизонту под углом, равным широте места наблюдения. На полюсах ось оставалась бы вертикальной, на экваторе она была бы в точности горизонтальна, но во всех промежуточных широтах она занимает более или менее наклонное положение соответственно широте.

Нетрудно понять, что при таком устройстве (рис. 40) для следования за светилом инструмент достаточно смещать только одним непрерывным движением слева направо. На оси, вокруг которой будет совершаться это движение,

инструмент должен быть укреплен таким образом, чтобы мы могли наклонять его вверх и вниз для наведения на различные области неба. В принципе это двойное сочленение таково же, как и у обыкновенных или азимутальных установок. Но параллактическая монтировка должна оставаться ориентированной неизменно под соответственным углом к горизонту, а не быть расположенной где и как угодно, подобно обыкновенной установке.

Параллактические монтировки, выпускаемые различными фабриками, весьма различны по своей конструкции, обладающей, смотря по модели, большими или меньшими удобствами и усовершенствованиями. Но принцип их действия, что является самым существенным, остается неизменным. Благодаря этому нетрудно неслож-

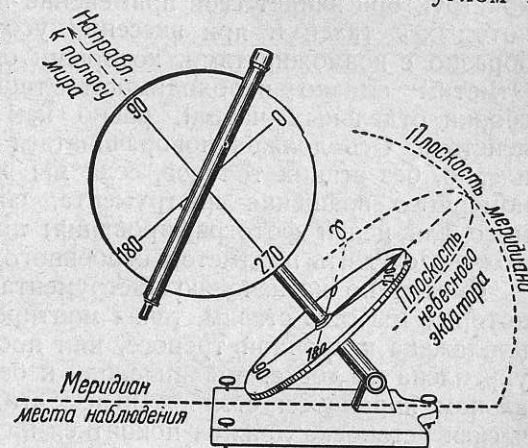


Рис. 40. Принцип параллактической установки.

Так как установке возможно сообщить нужный наклон и точно ориентировать ее таким образом, чтобы ось вращения была в точности направлена к полюсу мира, инструмент может поворачиваться (в каком бы направлении он ни был повернут) движением, параллельным кажущемуся вращению небесной сферы в месте наблюдения.

ными средствами соорудить такого рода устройство, дающее желаемый результат, к чему мы сейчас и перейдем.

Сооружение параллактической установки. Прежде всего необходимо знать широту места, в котором мы находимся; этот элемент мы без труда узнаем из географического атласа или карты крупного масштаба. Узнав это число, соорудим из дерева подставку, поддерживающую ось, наклоненную под углом, равным этой широте. Чтобы правильно выполнить этот угол наклона, полезно предварительно вычертить его по транспортиру на плотном картоне и потом вырезать, — тем самым мы получим шаблон, облегчающий сборку подставки. После этого представляется несколько возможностей: или установить на такой подставке всю обыкновенную (азимутальную) установку астрономической трубы или осуществить постройку всей экваториальной

установки из разных материалов, дерева, металлических труб, стержней и т. п. Давать здесь подробные описания изготовления отдельных деталей было бы бесполезно: принцип их устройства ясен, а внимательное рассмотрение нескольких примерных чертежей (рис. 41) даст нам достаточное количество практических указаний. Изобретательность конструктора найдет себе применение при изготовлении некоторых деталей и при внесении усовершенствований сообразно с возможностями, которыми он будет располагать. Отметим однако необходимость тщательной и прочной сборки отдельных частей, равно как и правильности их действия. Ось должна поворачиваться насколько возможно плавно, без всяких толчков, если мы желаем достичь равномерного вращения инструмента, совершенно необходимого для целей фотографирования; поэтому вращение оси должно служить предметом особенного нашего внимания.

Смотря по назначению инструмента, т. е. по тем целям, которые мы себе ставим, такая монтировка может быть или приложена к прочной треноге, или поставлена на стол, или укрепена на доске, привинченной к балкону, или на специальном кирпичном столбе. Во всех этих случаях параллактическая установка должна покоиться на совершенно горизонтальном основании, обладающем возможно большей устойчивостью. Соблюдение этого последнего условия особенно необходимо, если мы хотим заняться фотографированием небесных светил с продолжительными экспозициями. Едва ли нужно говорить о том, что в тех случаях, когда эти параллактические установки не могут быть прикреплены наглухо, положение их должно быть точно отмечено на поддерживающих их неподвижных основаниях. В самом деле, раз правильно установив инструмент, нужно стремиться избегать необходимости повторять эту установку его каждый вечер.

Этот тип монтировок осуществляет движения, совершаемые инструментами на обсерваториях. Но монтировки последних более усовершенствованы, потому что, помимо своей изумительно точной установки, они снабжены еще и часовым механизмом, осуществляющим вращение инструмента вслед за движением светил, которые благодаря этому неизменно остаются в поле зрения, будучи раз приведены в него. Это преимущество неоспоримое, хотя и не безусловно необходимым. Обладая некоторой изобретательностью и некоторым терпением, можно достичь подобного же результата. Некоторые конструкторы выпускают модели установок,

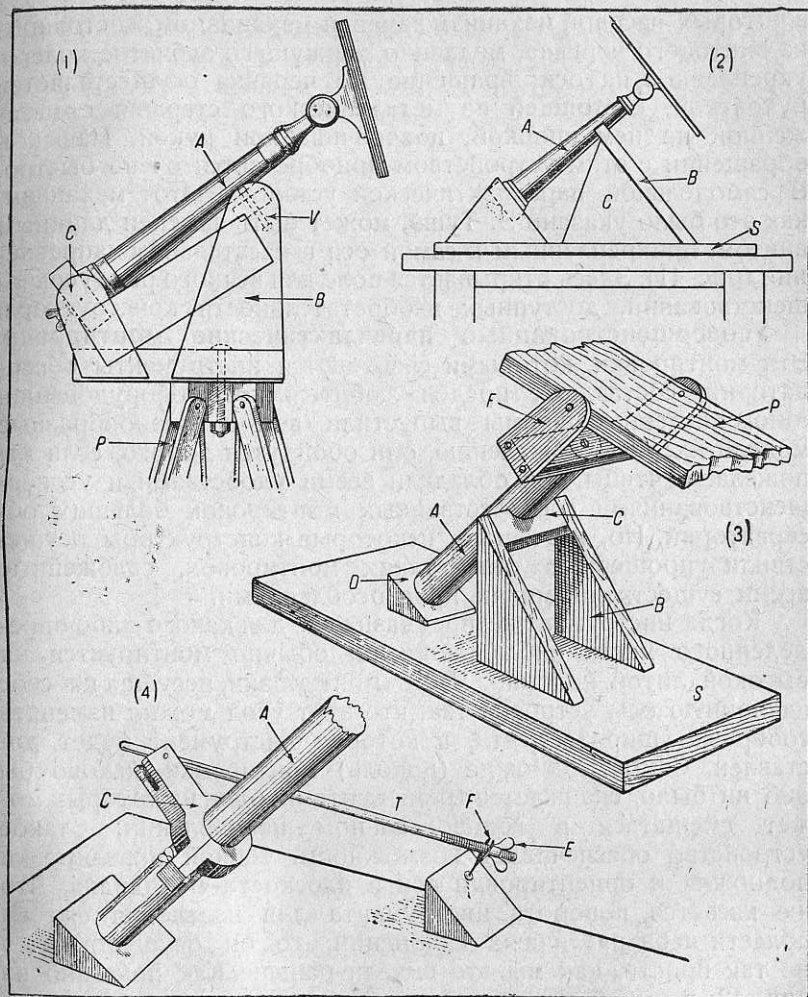


Рис. 41. Модели простых параллактических установок.

(1) А — обыкновенная ножка трубы, укрепленная в наклонном положении в подставке В; Р — штатив; С — устройство, позволяющее регулировать установку вращением винтов V. — (2) Аналогичная монтировка на козле S, укрепленном на столе; В является единственной толстой доской, а С — ее подпоркой. — (3) Полная конструкция экваториала: А — ось, вращающаяся в гнезде D и в выемке С подставки В. Верхний конец этой оси несет на себе вилку F, в которой поворачивается в вертикальном направлении дощечка, несущая на себе трубу. — (4) Механизм для медленного вращения оси: С — хомут, зажимаемый на оси А, после наведения инструмента на нужную точку. Вся установка поворачивается вследствие натяжения, оказываемого на отросток хомута нарезанным стержнем Т, ввинчивающимся в барашковую гайку Е, удерживаемую на месте вилкой F. Поворачивая барашковую гайку, может быть достигнуто медленное и равномерное движение.

в которых часовой механизм заменен механизмом, состоящим из винтового червяка, медленно движущего зубчатое колесо, укрепленное на оси; вращение же червяка осуществляется рукояткой, состоящей из металлического стержня с насаженной на нем шишкой, поворачиваемой рукой. Навык в обращении с этим устройством приобретает очень быстро. В самодельной параллактической установке этот механизм, как это было указано Э. Тушэ, может быть заменен длинным винтом, прикрепленным к самой оси в касательном направлении (рис. 41). Здесь открывается поле для всякого рода усовершенствований, доступных изобретательности конструктора.

Усовершенствованные параллактические монтировки. Эти монтировки, которыми снабжаются инструменты обсерваторий, составляют предел любительского оборудования. Многочисленные фирмы выпустили весьма разнообразные модели их; но, к сожалению, они обойдутся дорого, если мы пожелаем, чтобы они обладали всеми удобствами и усовершенствованиями соответственных монтировок больших обсерваторий. Но, к счастью, некоторые конструкторы осуществили упрощенные типы таких монтировок, снабженные всеми существенными их приспособлениями.

Когда инструмент не предназначен для какого-либо определенного места наблюдения, он обычно монтируется на высокой литой колонне. Часть монтировки, несущая на себе наклонную ось, устроена так, что этот угол можно изменять сообразно широте места, в которое инструмент будет доставлен. Самое подножие (цоколь) монтировки, каково бы оно ни было, снабжается тремя винтами, один из которых может смещаться в горизонтальном направлении; такое устройство обеспечивает возможность точной нивелировки подножия и ориентировки оси в плоскости меридиана. Что же касается поворота инструмента для наведения его на области неба различных склонений, то он осуществляется не так просто, как мы это видели раньше. Как показано на рис. 42, верхний конец полярной оси инструмента несет на себе вторую ось, расположенную под прямым углом к первой, вращаясь около которой труба и может принимать любой наклон. Корпус трубы снабжается противовесом, благодаря чему инструмент может сохранять равновесие в любом положении.

Таковы главные приспособления. В качестве детали укажем, что ось склонений с ее подставкой, удерживающей всю монтировку раз и навсегда под углом, равным широте,

также снабжена уравнивающим винтом, позволяющим производить небольшие, но очень точные смещения, весьма полезные в определенных случаях, о которых мы еще будем говорить. Затем оси снабжаются разделенными кругами,



Рис. 42. Параллактическая установка.

Труба поворачивается вокруг оси А, направленной к полюсу мира, и наклоняется вокруг оси В, снабженной противовесом, уравнивающим инструмент во всех положениях. С кругом а связан винтовой червяк, вращаемый рукой с помощью ручки или же часовым механизмом, укрепленным возле цоколя инструмента.

с помощью которых инструмент без всяких поисков может быть сразу же направлен на светило, координаты которого нам известны. Наконец ось вращения поворачивается равномерным движением с помощью насаженного на нее зубчатого колеса; это последнее приводится в движение винтовым червяком, вращаемым рукой (рис. 49 на стр. 79) или часовым механизмом.

Для таких более или менее усовершенствованных установок, облегчающих визуальные наблюдения и позволяющих получать прекрасные фотографии с большой выдержкой, совершенно необходимо удобное помещение.

Установка параллактической монтировки. Эта установка или ориентировка требует большой тщательности. Для того чтобы ось вращения была направлена в точности к полюсу неба, плоскость, в которой находится эта наклонная ось, должна проходить точно через линию север — юг, а вместе с этим совпадать и с плоскостью меридиана, а основание, поддерживающее всю монтировку в наклонном положении, должно быть в точности горизонтально.

В случае небольших инструментов несложного устройства соблюдение этих условий не слишком трудно, так как мы можем ограничиться точностью того порядка, как и точность устройства самой монтировки. Но, когда дело касается достаточно сильного инструмента, особенно если он предназначается для фотографирования с большой выдержкой, необходимо, чтобы ориентировка его была выполнена весьма точно.

Для этого прежде всего необходимо определить насколько возможно точнее направление север — юг или положение меридиана. По этой линии земная поверхность пересекается плоскостью, проходящей через зенит и точки севера и юга. В качестве первого приближения к установлению этого направления мы можем руководствоваться показаниями компаса. При этом в качестве необходимой предосторожности мы должны избегать близости массивных железных предметов. Кроме того мы должны точно знать так называемое магнитное склонение места наблюдения, — это угол, образуемый стрелкой компаса с направлением к истинной точке севера, обязанный своим существованием несовпадению магнитных и географических полюсов Земли. Это различие, которое мы должны принимать во внимание, неодинаково в различных местностях; требуемые данные мы можем заимствовать во французском «Ежегоднике бюро долгот» («Annuaire du Bureau des Longitudes») и в специальных справочниках.

Такая приближенная ориентировка достаточна для установки небольшого переносного экваториала (т. е. экваториально монтированного телескопа), и по этим данным инструмент должен устанавливаться перед наблюдениями каждый раз.

Для более крупных инструментов необходима более точная ориентировка, осуществляемая путем наведения на

Полярную звезду трубы с привязанными к обоим концам ее отвесами, достающими до земли. Эта звезда не находится в точности на полюсе, но отстоит от него на весьма малом расстоянии, в силу чего она описывает около полюса маленький круг. Следовательно, как и всякая другая звезда, она пересекает вертикальную плоскость меридиана, проходя последовательно то под полюсом, то над ним через промежутки времени в 12 часов; моменты этих нижних и верхних прохождений даются в астрономических календарях-ежегодниках. Итак, мы направим трубу на Полярную в момент одного из ее прохождений. Когда отвесы перестанут качаться, то линия, соединяющая обе точки, в которых они достигают Земли, достаточно хорошо определит направление меридиана (рис. 43).

Однако мы должны считаться с возможностью, что нам придется производить установку инструмента в саду или на балконе, где Полярная остается невидимой. В этом случае к нам на помощь придет Солнце, движение которого мы будем наблюдать по хорошо выверенным часам.

Для этого мы найдем в астрономическом календаре то, что мы называем средним временем в истинный полдень, т. е. именно тот момент, в который дневное светило пересекает меридиан (см. стр. 20). Желательно повторять эти определения несколько дней через определенные промежутки, с тем чтобы исключить влияние ошибок наблюдения и неправильностей хода часов и получить таким образом более точную среднюю величину.

Итак, тем или иным способом произведя предварительную ориентировку инструмента, нам нужно будет приступить к окончательной точной его установке.

Что касается экваториалов, то обычно конструкторы снабжают их описаниями всех их отдельных частей, равно как и инструкциями для их установки и регулировки. Здесь же

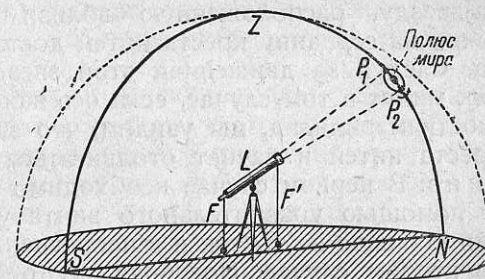


Рис. 43. Определение направления меридиана. L — труба, направленная на Полярную звезду, F и F' — отвесы. Полярная звезда, вращаясь около полюса, наблюдается в моменты своих прохождений — верхнего P₁ и нижнего P₂ — через меридиан. Линия NS соответствует линии пересечения плоскостей меридиана и горизонта.

мы изложим вкратце * один из лучших способов установки, придуманный Леви и Пюизе и описанный подробно Бигурданом в составленной им инструкции по работе с экваториалами.

Эта окончательная регулировка экваториалов представляет собою двойную операцию, состоящую, как мы это видели, в том, чтобы привести ось точно в плоскость меридиана и наклонить ее настолько, чтобы она точно указывала на полюс мира. Для выполнения первого условия, предполагая, что инструмент установлен достаточно точно (одним из элементарных способов, описанных выше), мы направим его на звезду, расположенную вблизи зенита. Приведем ее точно на середину креста нитей достаточно сильного окуляра. Следуя за движением этой звезды в течение нескольких минут в том случае, если ось находится не точно в плоскости меридиана, мы увидим, что звезда оставит середину креста нитей и начнет отодвигаться от нее вверх или вниз. В первом случае необходимо чуть-чуть сместить ось (с помощью уравнительного винта установки) в направлении с запада на восток и в направлении противоположном — во втором случае. Повторяя эту операцию несколько раз, мы небольшими последовательными приближениями достаточно быстро достигнем первого результата. (В том случае, если дело сразу не будет ладиться, эту работу можно растянуть на несколько вечеров.)

Вторая операция, имеющая целью достижение правильного наклона оси на желаемый угол, выполняется подобным же способом. В этом случае мы будем наблюдать звезду, близкую к полюсу, через 6 часов после прохождения ее через меридиан. Если, следуя за ее движением, мы увидим, что звезда будет казаться в поле зрения уходящей к востоку, то часовую ось нужно будет чуть-чуть поднять; а если звезда будет уходить в противоположном направлении, то часовую ось придется слегка опустить.

Это смещение оси легко производится с помощью уравнительного винта или винтов, на которых инструмент стоит на столбе; эти винты несут на себе подножие, основание которого перед началом этой операции должно быть приведено в строго горизонтальное положение. Эти винты

* Более подробная инструкция проф. С. Н. Блажко «Об установке параллактического штатива» содержится в переменной части Русского астрономического календаря на 1924 и 1925 гг. *Прим. перев.*

позволяют сравнительно быстро придать инструменту окончательное положение с весьма большой точностью, а если какая-нибудь посторонняя причина внезапно нарушит правильную установку экваториала, то ее легко будет возобновить с помощью этих же винтов.

Таковы в общих чертах инструменты, с помощью которых мы можем производить несложные наблюдения неба. В дальнейшем мы увидим, что фотографический аппарат, используемый самостоятельно или совместно с одним из вышеописанных инструментов, может быть применен для этой же цели с немалой пользой.

Но перед этим нам остается в немногих словах ознакомиться с изучением небесных светил средствами спектрального анализа.

Спектральный анализ и спектроскопы. Способность призм преломлять и разлагать световой луч, проходящий сквозь нее, в цветную полоску или спектр общеизвестна; последовательность цветов в этом спектре неизменна: фиолетовый, синий, голубой, зеленый, желтый, оранжевый, красный. Эти цветовые оттенки порождаются колебаниями весьма значительной и притом различной частоты. Наиболее быстрые из этих колебаний, отклоняемые призмой сильнее других, дают начало фиолетовому цвету; наиболее медленные, отклоняемые менее других, — красному. Спектр от одного конца до другого образует постепенно убывающую гамму колебаний. Для наглядности мы можем уподобить спектр роялю или пианино с его многочисленными струнами: каждой точке спектра будет соответствовать определенная нота.

Это разложение света или спектральный анализ позволяет нам изучать химический состав небесных светил с помощью спектроскопа. Принцип действия этого инструмента таков (рис. 44): узкая щель, на которой концентрируется исследуемый свет, помещается в фокусе линзы или коллиматора. Эта линза имеет своим назначением собрать падающие на нее сквозь щель расходящиеся лучи в параллельный пучок. Затем эти лучи проходят сквозь призму, которая их разлагает. Разложенный пучок улавливается второй линзой или объективом, дающим в своем фокусе слитное изображение всех отдельных отчетливых изображений щели, даваемых разноцветными лучами; это слитное изображение и представляет собою непрерывный спектр,

Такой непрерывный спектр дают все раскаленные тела, находящиеся в твердом или жидком состоянии. Но если раскаленное тело находится в состоянии газообразном, то спектр его сокращается до нескольких яр-

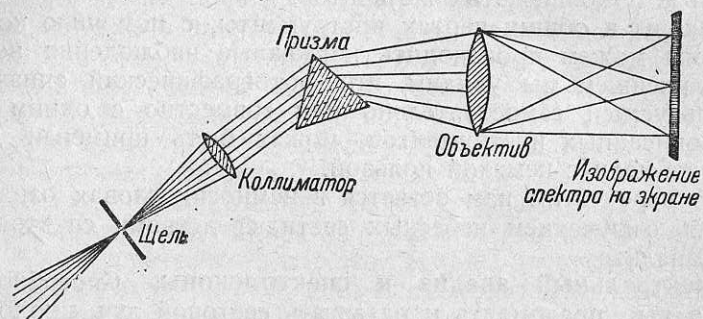


Рис. 44. Принцип призматического спектроскопа.

ких линий определенных цветов, соответствующих колебаниям определенной частоты. Возвращаясь к нашему сравнению с роялем, мы можем сказать, что в данном случае будут колебаться не все струны одновременно, а только некоторые

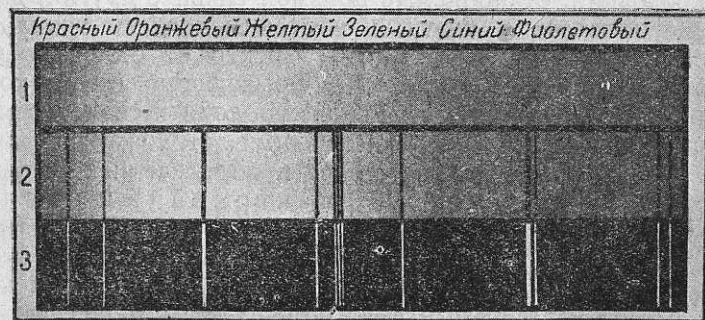


Рис. 45. Различные типы спектров.

1 — непрерывный спектр, даваемый раскаленным твердым или жидким источником света, 2 — спектр с темными линиями (спектр поглощения), обуславливаемый наличием газа перед светящимся источником, 3 — спектр раскаленного газа.

определенные. Так, например, спектр натрия состоит только из пары близких характерных линий в желтой части спектра. Всякое вещество обладает своим собственным спектром, образуемым всегда одними и теми же линиями, поло-

жения которых могут быть измерены, что и позволяет производить их отождествление.

А в том случае, когда позади светящегося газа находится более яркий источник света, находящийся в твердом или жидком состоянии, обнаружится следующее явление: линии наблюдаемого спектра превратятся в черные линии на ярком фоне непрерывного спектра, даваемого раскаленным источником света. Таков именно случай нашего Солнца, непрерывный спектр которого пересечен некоторым количеством темных линий. Это указывает на то, что на нем мы видим поверхность, состоящую из раскаленных частиц, свет которых пронизывает слой, в котором в парообразном состоянии встречается большинство известных нам элементов.

Астрономы смогли извлечь важнейшие выводы с помощью спектрального анализа. Иные приложения этого же принципа, детали которых невозможно изложить элементарно, позволяют путем измерений смещений спектральных линий определить скорость движения в пространстве наблюдаемого светила; однако это лежит вне пределов наших непосредственных восприятий. Все эти приложения возможны только с помощью крупных инструментов. Поэтому описание их не может, к сожалению, войти в рамки нашего изложения.

Тем не менее возможно с помощью достаточно элементарных средств произвести несколько достаточно поучительных наблюдений. С этой целью изготавливаются маленькие спектроскопы упрощенного устройства, в которые хорошо видим солнечный спектр с его темными линиями. Другие модели, которые можно насадить на окуляр обыкновенного телескопа, дают возможность наблюдать спектры наиболее ярких звезд. Таким образом, мы сможем, следовательно, приобрести поучительные сведения об этом столь важном методе спектрального анализа.

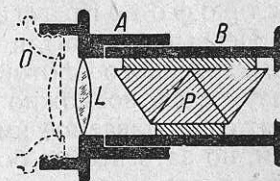


Рис. 46. Окулярный спектроскоп.

A — часть, навинчиваемая на окуляр O. Часть B, содержащая призму P, вынимается для наводки на фокус линзы L.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Для начала приходится предположить, что основные принципы фотографии читателю известны. Последующие страницы имеют единственной своей целью ознакомление со средствами и методами, используемыми в фотографии неба или астрофотографии. Существует два главных ее метода.

Первый состоит в употреблении различными способами обыкновенного фотографического аппарата, снабженного, разумеется, возможно более светосильным объективом. Изображение, даваемое им, будет обладать очень мелким масштабом, но зато весьма большим полем зрения; последнее свойство позволит одновременно охватить большую область небесной сферы, содержащую, например, целое созвездие.

Второй способ сводится к замене фотографического объектива рефрактором или рефлектором (с окуляром или без такового). Вследствие большой длины фокусного расстояния мы, таким образом, получим сильно увеличенное изображение светил (как с помощью телеобъектива). Но этот способ может применяться к изучению деталей одного только светила или очень тесной группы их одновременно. Это условие обуславливается ограниченностью поля зрения инструмента.

Обыкновенные фотографические аппараты. Прежде всего аппарат, каков бы он ни был, должен быть укреплен на какой-нибудь подставке, позволяющей держать его направленным на небо под желаемым углом к горизонту. Лучше всего будет приделать его к толстой дощечке, скрепленной шарнирами (ящичными петлями), с другой доской, служащей основанием подставки. Соорудить такое устройство, изображенное на рис. 47, более чем просто. Оно может быть установлено на столе, на столбе, на подоконнике или на обыкновенной треноге.

Вследствие суточного вращения небесной сферы, за исключением весьма редких специальных случаев, мы сможем, пользуясь этой подставкой, производить только моментальные

снимки неба или же снимки лишь с самыми короткими выдержками. А для фотографирования звезд, требующих продолжительных экспозиций, аппарат должен быть прикреплен к экваториально установленному инструменту, который будет служить ему ведущей трубой, позволяющей точно следовать за суточным движением светил. Это прикрепление лучше всего может быть осуществлено с помощью дощечки, укрепляемой на корпусе трубы наглухо (рис. 48). На нее мы сможем помещать один или несколько различных аппаратов, которыми мы захотим воспользоваться; они будут удерживаться на месте ремнями из материи.

Насколько возможно, камеры следует выбирать не слишком большими и хорошо сохраняющими свою форму, с тем, чтобы, с одной стороны, не перегружать инструмента, а с другой стороны, с тем, чтобы избежать деформаций его в сильно наклонных положениях. Если применяемый объектив снабжен кремальерой для точной наводки на фокус, то полезно всю камеру небольших размеров изготовить из

куска фанеры или очень плотного черного картона. Для этого необходимо хотя бы приблизительно знать фокусное расстояние объектива. Разумеется, объективам, обладающим сравнительно короткими фокусными расстояниями сравнительно с их диаметрами, следует оказать предпочтение по причине большей их светосилы; это качество играет решающую роль в целом ряде случаев. Портретные объективы дают прекрасные результаты. Тот объектив, которым я пользуюсь чаще всего и с помощью которого выполнены многочисленные фотографии, воспроизведенные в этой книге, взят от увеличительного аппарата. Однако эти объективы, обладая большой светосилой, страдают тем недостатком, что они дают отчетливое изображение только в середине пластинки. Чтобы запечатлеть с достаточной ясностью большую область неба, следует воспользоваться апланатическим объективом, обыкновенно употребляемым для фотографирования ландшафтов.

Практически при работе с телескопами скромных размеров не следует превышать формата пластинки 9×12 см,

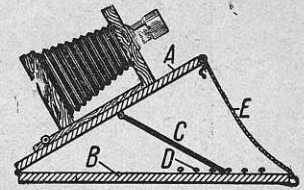


Рис. 47. Простая установка фотографического аппарата.

А — дощечка, прикрепленная на ящичных петлях к доске В, С — подпорка, упираемая в гвозди D и сообщающая аппарату нужный наклон, Е — веревка, предохраняющая от чрезмерного наклона.

потому что для более крупных форматов аппараты оказались бы слишком громоздкими. За редкими исключениями в расчет идет всегда только середина пластинки. В силу этого мы без ущерба сможем воспользоваться объективом, предназначенным для более крупных форматов, прилагая его к камере, дающей снимок нужных нам размеров*.

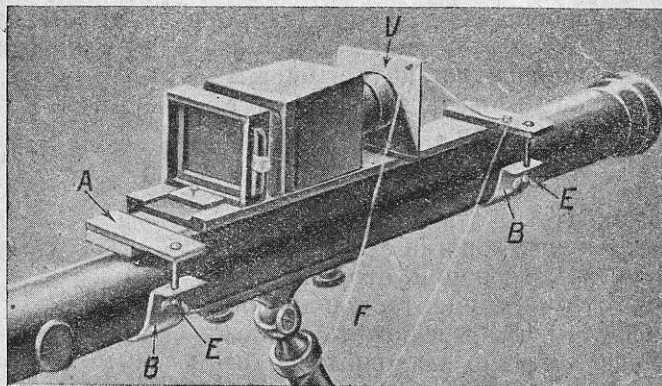


Рис. 48. Монтровка фотографического аппарата на трубе.

А — дощечка, поддерживающая аппарат, В — металлические хомуты, удерживающие целое на трубе путем заворачивания болтов Е, V — дощечка затвора, укрепленная на шарнирах и управляемая шнурком F.

Наконец объектив оставляется или совершенно открытым или диафрагируется лишь совсем немного с целью использования возможно большего количества света. Однако при таких условиях, если объектив не является совершенным, то изображение по краям пластинки будет получаться неясным или неправильным.

Открывание и закрывание объектива являются делом простым, когда мы находимся возле аппарата и заняты им одним. Приступая к фотографированию неба, мы должны начать движение инструмента вслед за светилами еще до открывания объектива. Непрактично сначала открывать объектив, а затем устремляться к ведущей трубе, с тем, чтобы,

* Полезные практические указания по фотографированию небесных светил аппаратом, укрепленным на астрономической трубе, читатели найдут в статье Н. Судакова «Астрофотография в средней школе», содержащейся в переменной части Русского астрономического календаря на 1918 г. Прим. перев.

приблизив глаз к ее окуляру, начать упомянутое движение всей установки. Мы потеряли бы при этом слишком много времени. И звезды уже успели бы прочертить на пластинке легкие следы в виде черточек. Поэтому лучше всего поместить перед объективом заслонку или ширмочку из черного картона, прикрепленную к дощечке шарниром; держа привязанную к ней широкую веревочную петлю в том или другом направлении, мы без труда сможем опускать или поднимать эту заслонку. Таким способом мы сможем открывать и закрывать объектив, не нарушая равномерного ведения инструмента (рис. 48). Другая система состоит в прикреплении экрана к длинному стержню, оканчивающемуся вблизи окуляра на удобном от наблюдателя расстоянии; стержень этот удерживается в положении, параллельном инструменту, кольцами, прикрепленными к дощечке, несущей на себе фотографический аппарат. При повороте стержня в ту или другую сторону ширма будет открывать или закрывать объектив. Эта весьма практичная система показана на рис. 49, на котором изображен фотографический аппарат, установленный на экваториале.

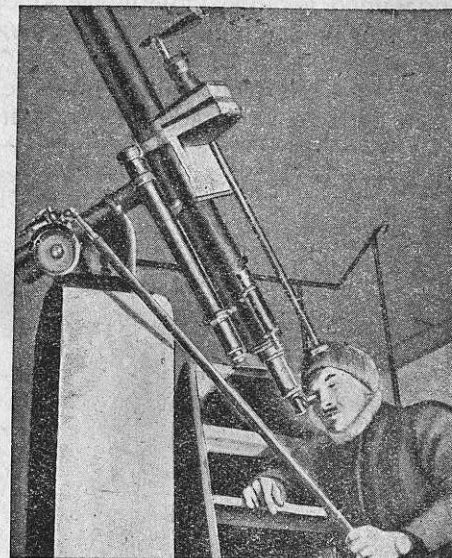


Рис. 49. Установка для фотографирования с большой выдержкой.

Аппарат смонтирован на экваториально установленной трубе, движимой вслед за кажущимся вращением небесной сферы ручкой, поворачиваемой рукой. Мы видим здесь затвор, состоящий из круглого экрана, поворачиваемого стержнем, на конце которого он прикреплен.

Открывать или закрывать объектив. Эта весьма практичная система показана на рис. 49, на котором изображен фотографический аппарат, установленный на экваториале.

Фотографические рефракторы и рефлекторы. Для получения увеличенных и богатых деталями снимков небесных светил обыкновенный фотографический объектив с успехом может быть заменен рефрактором или рефлектором.

Нам следует описать два применяемых способа. Первый из них заключается в помещении светочувствительной пластинки в фокусе объектива инструмента (что позволяет нам

рассматривать его в качестве обыкновенного фотографического аппарата больших размеров); второй — в помещении пластинки позади окуляра, дающего увеличенное изображение, как и при визуальных наблюдениях. В обоих случаях материал остается прежним: нам нужно изготовить небольшую черную камеру, легкую, но несгибаемую, которую мы могли бы прикрепить к движущейся окулярной трубке (для установки на фокус).

Для этой цели опять-таки весьма удобен плотный черный картон. Его следует особенно рекомендовать из-за лег-

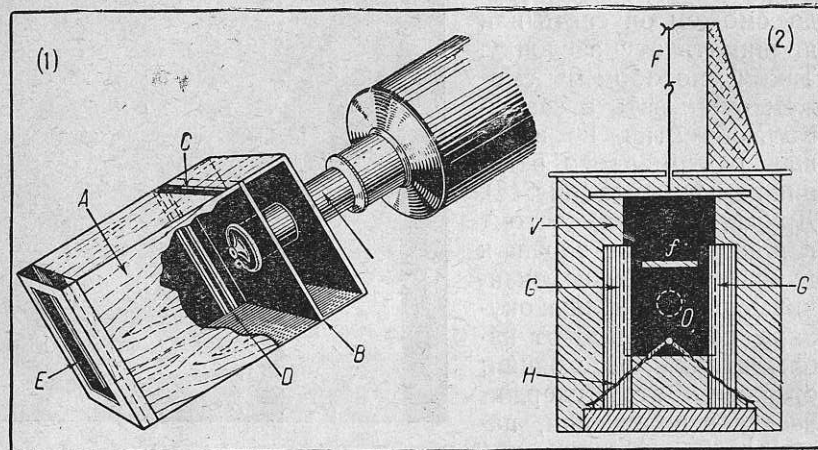


Рис. 50. Фотографическая камера, прикрепленная к объективу трубы.

(1) А — камера, надетая на окулярную трубку О, протетую сквозь переднюю стенку и переднюю перегородку В камеры, что обеспечивает собою прочное скрепление, С — щель с пазами для выдвижения моментального затвора в желобок D, Е — паз для выдвижения матового стекла или кассеты; — (2) Моментальный затвор: V — экран, щель которого f открывает окуляр О; экран, вставленный в желобки G, движется натянутой резиной H; опускание затвора осуществляется перерезанием удерживающей нитки F.

кости его обработки. Благодаря этому его качеству мы без труда и опасений сможем соорудить из него камеры различных нужных нам размеров. Для работы в самом фокусе инструмента камера может обладать толщиной, достаточной только для выдвижения кассеты. Рис. 50 объясняет, каким образом камера может быть укреплена на окулярной трубке рефрактора. Производство фотографий с окулярным увеличением требует большей длины камеры, зависящей от размеров изображения, которое мы сможем получить с помощью этой оптической системы. Для приблизительного определения этих размеров, знать которые необхо-

димо перед изготовлением камеры, можно воспользоваться небольшим белым экраном: отбрасывая на него изображения Луны или Солнца, мы сможем измерить, на каком расстоянии они достигают достаточных размеров и четкости.

При изготовлении таких камер должно оставаться одно отверстие сзади для установки на фокус с помощью матового стекла и другое сверху для перегородки, на которой впоследствии можно было бы укрепить моментальный затвор для фотографирования Солнца; но в последнем случае необходимо, чтобы вся камера была закрыта совершенно герметически, для чего щель, в которую вдвигается затвор, закрывается сверху специальной крышечкой, укрепленной на затворе. При производстве же ночных фотографий принятие таких предосторожностей против проникновения в камеру посторонних лучей света уже не представляется необходимым. Открывание и закрывание объектива может осуществляться различными способами, смотря по необходимости. Чаще всего оно осуществляется рукой путем отодвигания или отворачивания какого-нибудь экрана. В тех случаях, когда инструмент, движимый равномерно, позволяет получать сильно увеличенные изображения малой яркости, с успехом может быть использована система, предложенная для фотографирования звезд аппаратом: длинный стержень, идущий вдоль трубы, поворотом которого мы можем отодвинуть (отвернуть) экран, находящийся перед объективом. Это движение должно быть выполнено с возможно большей плавностью, с целью избежания сотрясений инструмента. Что же касается фотографирования Солнца, то оно в большинстве случаев требует применения чрезвычайно быстро действующего (сверхмоментального) затвора, необходимого вследствие ослепительной яркости дневного светила.

Для изготовления такого затвора представляется целый ряд возможностей. В этом направлении для устройства механизма, вроде изображенного на рис. 50, изобретательности конструктора представляется широкое поле. Этот затвор, легко могущий быть изготовленным из картона, жести или тонкого металла, должен быть тщательно вычернен; незначительнейших размеров оставшееся светлое пятнышко, способное отражать световые лучи, может вызвать на светочувствительной пластинке вредные полосы и блики*.

* Более подробные сведения о способах и средствах любительской астрономической фотографии читатели найдут в книжке С. В. Муратова «Небесная фотография», Научное книгоиздательство, Л., 1930. *Прим. перев.*

Монтировка объективов рефракторов на специальных камерах. Ознакомившись с различными способами применения обыкновенных фотографических аппаратов, с одной

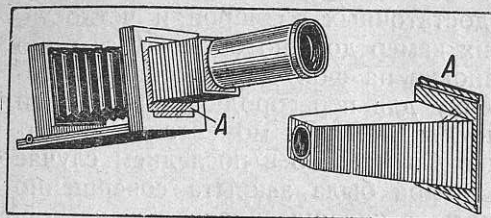


Рис. 51. Монтировка длиннофокусного объектива на фотографическую камеру.

Объектив может быть укреплен на длинной трубке или длинной коробке, приделанной дощечкой А' к передней стенке камеры, обыкновенный объектив которой снят.

бесные явления, для фотографирования которых необходимо обширное поле зрения, как у обычных фотографических аппаратов; в этих случаях полезно и получение изображений достаточно крупного масштаба.



Рис. 52. Фотографическая камера, прикрепленная к небольшой трубе, простая установка которой сделана в параллактическую.

на себе желобки для вдвигания кассеты. Для необходимого чернения этой трубы изнутри удобнее всего подвесить ее в наклонном положении и закоптить смоченным бензином ватным тампоном, укрепленным на железной проволоке.

сторону, и телескопов, с другой, мы перейдем к третьему способу, занимающему между ними промежуточное положение. Опириуя в фокусе самого рефрактора, мы по необходимости будем чрезвычайно стеснены узостью окулярных трубок. В дальнейшем мы увидим, что существуют определенные не-

Эти условия могут быть выполнены путем монтировки объектива рефрактора на большую фотографическую камеру или на очень широкую трубу, сечение которой позволило бы пользоваться пластинками значительного формата. Такая труба может быть заказана любому жестянщику или паяльщику. Длина этой трубы должна быть немного меньше фокусного расстояния для возможности установки на фокус посредством другой трубы, плотно, но не туго, вдвигающейся в первую и несущей

Основательно закоптив трубу таким образом, мы получим хорошую черную матовую ее окраску.

Подобный аппарат для весьма длиннофокусного объектива может быть сооружен путем насадки удлинительного конуса на обыкновенную камеру крупных размеров, передняя стенка которой, несущая фотографический объектив, предварительно удаляется. Последнего типа устройство особенно удобно для объективов небольших труб с фокусными расстояниями от 30 до 60 см. Эта насадка может быть сделана из плотного картона или дерева (рис. 51). Для объектива же с фокусными расстояниями больше 1 м нужно соорудить большую деревянную коробку, установленную на устойчивой треноге.

Этот общий обзор любительских инструментов убеждает нас в том, что многие аппараты и инструменты не будут нам стоить ничего, кроме удовольствия их изготовления или сооружения из ранее имевшихся у нас предметов. И тем не менее они будут достаточны для того, чтобы предпринять интересные исследования, которые всегда принесут свои плоды. Воодушевляясь стремлением к знанию, к расширению своего умственного кругозора, нам не нужно будет ничего больше, для того чтобы приступить к изучению небесных светил.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ОБСЕРВАТОРИИ

Последняя фраза предыдущей главы могла бы показаться заканчивающей вторую часть книги, посвященную описанию устройства астрономических инструментов.

Но если любовь к знанию и изобретательность и оказываются достаточными во многих случаях как при конструировании, так и при поисках необходимых материалов, то отнюдь не следует отказываться от мысли о создании наиболее удобной обстановки для работы. И здесь опять-таки возможно подойти к этому вопросу с точки зрения практической, не выходя поэтому из пределов доступного любителю. Сначала мы займемся имеющим большое значение вопросом об условиях, в которых производится наблюдения.

За неимением лучшего, городские жители в большинстве случаев производят наблюдения из окна, реже с балкона. Любители, находящиеся в наилучших условиях, располагаются на террасе или в саду.

Но даже в таких условиях неудобства многочисленны: или кругозор слишком ограничен, или приходится располагаться на ветру или под дождем, не говоря уже о необходимости каждый раз переносить инструмент. Благодаря этому у астронома любителя невольно должно возникнуть стремление укрыть инструмент и укрыться самому в небольшой обсерватории или астрономической будке. Правда, описание таких построек, предназначенных, так сказать, для индивидуальных нужд, могло бы показаться выходящим за рамки этой книги. Но нам тем не менее представляется целесообразным, оставляя в стороне описание больших обсерваторий с усовершенствованными куполами, перечислить несколько типов построек этого рода, одновременно дешевых и способных оказать значительные услуги. Прежде всего тем немногим, которые являются обладателями экваториала сколько-нибудь значительных размеров, такое убежище становится необходимым.

Место для него следует выбирать в саду или на дворе так, чтобы небо было возможно более открыто. Особенно

важно иметь незакрытой южную сторону горизонта, а также большую часть западной и восточной его части, потому что именно там в действительности наблюдаются наиболее интересные светила, планеты, Луна, Солнце.

Ознакомьтесь теперь с несколькими практичными конструкциями, так как прежде всего необходимо считаться со вкусом того, кто сообразно своим склонностям и средствам соорудит такую постройку, которая ему больше понравится или же купит готовую поворачивающуюся будку или небольшой купол.

Проще всего может быть построена своего рода будка, установленная на рельсах, легко сдвигаемая в сторону; при этом она открывает защищаемый ею неподвижно монтированный инструмент. С точки зрения качества телескопических изображений это даст наилучшие результаты, но при этом способе мы вместе с инструментом во время наблюдений остаемся незащищенными от ветра, росы и т. п. Тем не менее такое устройство несомненно полезно и, будучи в то же время наиболее дешевым, заслуживает внимания.

Желая оставаться защищенными, рассмотрим теперь очень простую конструкцию, представляющую собой небольшое восьмиугольное деревянное строение (вроде беседки) диаметром в 2,5 м (от угла до угла), снабженное вращающейся крышей (рис. 53); эта крыша, обладающая формой восьмигранной пирамиды, удерживается на острие стержня, укрепленного, как указано на том же рисунке. Вращение производится легко и удобно, просто взявшись за край крыши рукой и толкая ее в желаемом направлении. Такая крыша должна быть легкой. Для этого только остои и края ее должны быть деревянными, в то время как самая ее поверхность изготавливается из брезента, тщательно выкрашенного масляной краской, с целью сделать его непромокаемым.

Одна из восьми частей этой крыши делается подвижной; это позволяет нам открывать в крыше большое отверстие, необходимое для наблюдений. Такое устройство осуществляется следующим образом: вместо того чтобы охватывать всю крышу наглухо, один из восьми брезентовых треугольников скреплен с соседним только одним своим боком; с другого бока эта часть крыши снабжается металлическим стержнем, сверху прикрепленным к кольцу, а снизу снабженным ручкой или крючком, входящим в железную скобу.

Открывание совершается путем отстегивания крючка и откидывания освобожденной таким образом части крыши вверх и в сторону. Чтобы крышу можно было закрыть достаточно плотно, низ крыши также снабжается скобами, приходящимися против колец откидной части; наконец все это связывается прочной веревкой, которая и удерживает откидную часть на своем месте.

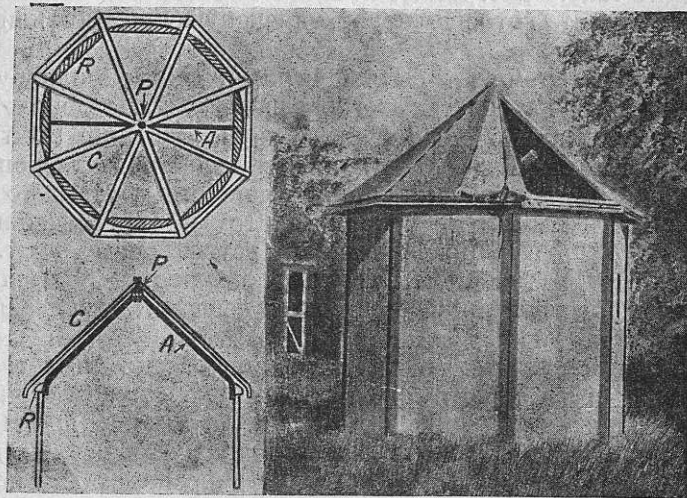


Рис. 53. Деревянная будка с вращающейся крышей.

План и разрез крыши: А — изогнутый железный прут, опирающийся на круговой лежень R, венчающий стенки будки; Р — опора (ось) крыши; С — легкий деревянный остов, обтянутый брезентом или парусиной.

Крыша, обладая восьмигранной формой, оставляет пролеты между собой и круговым краем боковых стенок. Это облегчает циркуляцию воздуха, благодаря которой внутри строения поддерживается такая же температура, как и снаружи; а такое равенство температуры чрезвычайно ценно в смысле улучшения качества наблюдений. Наконец в середине пола оставляется отверстие, из которого, не касаясь его, поднимается каменный или кирпичный столб, служащий основанием для установки инструмента.

Мы видим, что согнутый углом железный прут, несущий острие, поддерживающее крышу, является препятствием, расположенным перед инструментом; этот прут при определенных положениях инструмента преграждает путь части

световых лучей, падающих по направлению к объективу. Это несомненно составляет известное неудобство, но мы должны учитывать дешевизну такого устройства по сравнению с настоящим вращающимся куполом. С другой стороны, этот досадный случай повторяется редко. Действительно, необходимо довольно редко совпадение для того, чтобы какое-нибудь небесное явление имело место как раз в тот момент, когда труба повернута именно в направлении железного прута. В этом исключительном случае инструмент может быть несколько переставлен; а если он установлен на настоящей экваториальной монтировке, то мы можем перевернуть инструмент на другую сторону от оси, после чего мы сможем наблюдать беспрепятственно.

Упомянем еще несколько конструкций, столь же скромных по своему типу, но уже несколько более усовершенствованных; эти примеры смогут дать читателям ценные указания. Вот башенка, укрывающая экваториал с объективом в 16 см, являющийся уже довольно крупным инструментом (рис. 54); присмотревшись к прилагаемому рисунку, мы убедимся в том, что

эта конструкция, довольно часто применяемая в Англии, весьма практична. Верхушка башенки, вращающаяся как купол, представляет собою цилиндр с плоской или почти плоской крышей*. В ней проделан боковой прорез, и на продолжении его такой же ширины щель в крыше; эти отверстия закрываются двумя плоскими створками. Эта верхняя часть башенки катается на роликах, стоящих на круговом рельсе, покоящемся на стенах восьмиугольной нижней части постройки. Вращение верхней части осуществляется за ручку, спускающуюся до удобной высоты; эта ручка должна быть прочна и не должна гнуться, для того чтобы мы могли толкать или тянуть

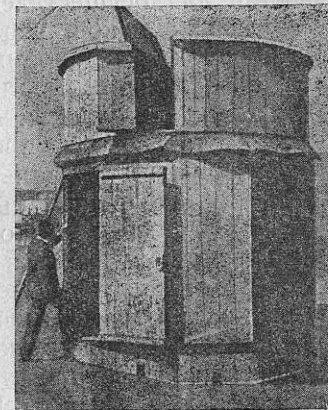


Рис. 54. Обсерватория в форме вращающейся башенки. Обсерватория Ж. Гомас-Сола в Барселоне.

* Такая конструкция крыши в климатических условиях СССР оказалась бы непрактичной. В целях предотвращения накопления зимою снега крыша должна делаться непременно покатой. Прим. перев

за нее верхнюю часть. Если вся постройка сооружена правильно, то необходимое для этого усилие будет незначительно.

Такой же формы вращающаяся башенка может быть выстроена на крыше дома, часть которой должна быть предварительно к этому приспособлена.

Более усовершенствованными и, можно сказать, более красивыми являются настоящие купола, похожие на купола больших обсерваторий. Но при незначительных их размерах, необходимых для наших целей, не нужно сложных конструкций для осуществления вращения и для открывания и закрывания люков, через которые ведутся наблюдения. О материалах, необходимых для постройки — толь, цинк и т. п., — здесь неуместно распространяться, равно как и об отдельных деталях их устройства. Для практического возведения такого рода построек необходимо прибегнуть к помощи архитектора или по крайней мере техника-строителя, как человека опытного в данном отношении, предварительно договорившись с ним о желаемом типе постройки. В зависимости от имеющихся в нашем распоряжении материалов он сможет тогда предложить то или иное решение. Вполне понятно, что здесь в качестве примерных конструкций было предложено только несколько примеров общего характера*.

Механизм вращения сколько-нибудь тяжелого купола должен быть выполнен тщательно. Обычно на больших обсерваториях он состоит из зубчатого обода, идущего изнутри вдоль края купола; обод этот находится в зацеплении с зубчатым колесом небольшого диаметра, приводимым во вращение каким-нибудь механизмом. Строитель моей собственной обсерватории упростил это устройство, снабдив купол кованым железным ободом с укрепленным на нем рядом прочных железных упоров в виде пальцев. Тяжелый рычаг, оканчивающийся сверху вилкой, слегка поворачиваемый вокруг горизонтальной оси, на которую он свободно насажен, может захватить этой вилкой один из пальцев обода купола (рис. 55). Отводя после этого рычаг в сторону, мы повернем купол на некоторый угол; пальцы расположены один от другого на таком расстоянии, что после каждого такого передвижения, освободив рычаг

* Две конструкции, рассчитанные для труб 3—6 дюймов (вращающийся купол и раскрывающаяся будка), детально с приложением многочисленных схематических чертежей описаны в статье инж. Н. Г. Богдановича «Любительские обсерватории», помещенной в перенной части Русского астрономического календаря на 1928 г. *Прим. перев.*

и отведя его в противоположную сторону, мы можем зацепить следующий палец и т. д. Приобретая некоторый навык в обращении, этот прием будет производиться почти механически, даже в темноте.

В качестве примера я укажу еще, что широкая щель купола закрывается четырьмя металлическими люками, открывающимися изнутри и удерживаемыми на месте барашковыми гайками (система закрывания люков на пароходах). Эти люки, закрываясь, плотно налегают один на другой; поэтому их нужно открывать последовательно, начиная с

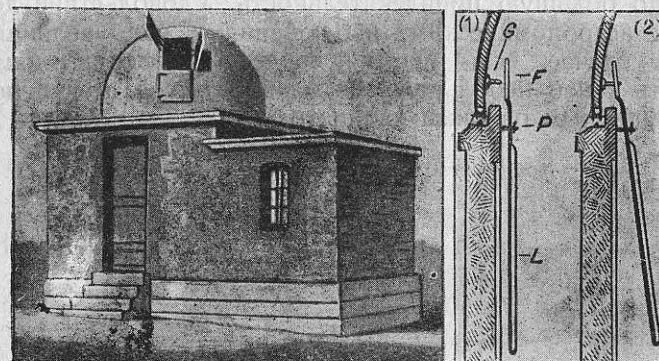


Рис. 55. Обсерватория с куполом (обсерватория автора).

Здание, кроме помещения для наблюдений, вмещает также и рабочий кабинет с фотографической лабораторией. — Вращение купола: (1) L — рычаг, оканчивающийся вилкой F , поворачивается вокруг оси P , как показано на (2); вилкой можно захватывать пальцы, укрепленные на нижней внутренней части купола

верхнего, а затем уже закрывать те из них, которые в данный момент не нужны; таким способом при ветре мы можем уменьшить отверстие до весьма небольших размеров. Разумеется, для всех этих операций необходимо подниматься до самой верхушки купола, влезая по стремянке с подвижными ступеньками, являющейся необходимой принадлежностью всякой такой небольшой обсерватории. На ступеньках стремянки наблюдатель может сесть на любой высоте, требуемой наклоном инструмента.

На обсерватории инструмент должен быть установлен на столбе, предназначенном для того, чтобы обеспечить ему полную устойчивость. Постройка этого столба должна быть выполнена с особой тщательностью; если возможно, его

фундамент должен сильно углубляться в землю. Столб должен подниматься в помещении для наблюдений сквозь отверстие в полу, которого он совершенно не должен касаться. Эти условия выполнимы труднее, если обсерватория строится на деревянном доме, на сруб которого она должна опираться. Если нет подходящей внутренней капитальной стены, на которой можно было бы укрепить столб, то он поднимается от надежной части самого сруба и строится в виде ящика, наполняемого песком.

Такая небольшая обсерватория придает изучению неба гораздо большую привлекательность. Удовольствие, доставляемое астрономическими наблюдениями, еще увеличивается в том случае, если место и средства позволяют нам пристроить к ней небольшую фотолабораторию, могущую служить удобным рабочим кабинетом.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ТЕХНИКА ЛЮБИТЕЛЬСКИХ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Каков бы ни был инструмент, которым мы обзаведемся, нам необходимо предварительно научиться пользоваться им возможно лучше, с тем чтобы суметь рассмотреть небесные светила во всем их великолепии.

Казалось бы, что необходимые советы можно было бы свести к следующим немногим словам: располагая инструментом, надо научиться свободно обращаться с ним, правильно смотреть в него, после тщательного наведения на фокус; частое повторение этого быстро приведет к желаемым результатам. Как будто это все, что нужно... Но тем не менее отнюдь не бесполезно уточнить эти советы и прибавить к ним несколько примечаний и объяснений, относящихся главным образом к материальной стороне наблюдений.

Как смотреть в телескоп. Непреложным является тот факт, что начинающий, смотрящий в телескоп впервые, не сможет сразу же различить многочисленных деталей, доступных этому инструменту. Но пусть читатель не истолковывает этого факта неправильно, а главным образом пусть он не смотрит на него, как на каплю холодной воды, способной охладить энтузиазм, внушаемый перспективой созерцания чудес вселенной. Если мы вообще заговорили об этом, то это было сделано главным образом с целью избежания некоторого совершенно неоправдываемого оттенка разочарования, который на первых порах мог бы получиться при практических наблюдениях. С этой же целью сделаем еще несколько замечаний. Нужно только приобрести известный навык: читатель очень скоро научится помещать глаз точно на продолжении оптической оси инструмента, на надлежащем расстоянии от окуляра и удерживать его в этом положении. Затем он научится производить наводку на фокус; операция эта значительно облегчается у тех инструментов, у которых окулярное движение производится с помощью

мелкой кремальеры, приводимой в движение винтом с насеченной головкой. Приобретение этих навыков во всяком случае достигается легче, начиная с наблюдений удаленных земных предметов, обладающих тем преимуществом, что нам не приходится иметь дело с изображениями, непрестанно убегаящими из поля зрения. Что касается видимости небесных светил, то сюда присоединяется еще один важный фактор: это беспокойствие воздуха, обуславливающее в определенные моменты неотчетливость изображения; избежать ее более точной наводкой на фокус нельзя, благодаря чему в такие моменты не удастся ничего разглядеть хотя бы приблизительно. Эти случаи очень часты, так что непредупрежденные читатели могли бы оказаться ими весьма озадаченными; из-за них приходится порою вооружиться немалым терпением. Таким образом, недостаточно только приучить глаз, но нужно еще выбирать моменты спокойствия нашей капризной атмосферы, возмущаемой, к сожалению, слишком часто. Но насколько быстро все эти помехи забываются, когда ясной ночью небесные светила предстают нашим взором во всем их великолепии!

Используя благоприятные условия, для того чтобы научиться смотреть в телескоп, мы одновременно будем испытывать его оптические качества, особенно если он был изготовлен собственноручно по указаниям, приведенным в начале этой книги.

Испытание оптических качеств инструментов. Лучше для этого наблюдать не слишком яркую звезду, которая должна нам представляться в виде очень маленького отчетливого диска без всякой радужной окраски, окруженного несколькими слабыми концентрическими кольцами (рис. 56); условие об окраске исключается в том случае, если мы имеем дело с трубой, снабженной простыми линзами, не вполне исправленными на хроматическую аберрацию. Но во всяком случае изображение должно иметь правильную форму. Без этого мы не можем быть уверены в том, что инструмент установлен правильно, или если последнее условие соблюдено, что оптические свойства его безупречны. Надежнее можно будет убедиться в этом, глядя все на ту же звезду, заметно нарушая правильную наводку на фокус, последо-

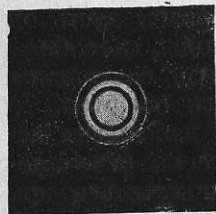


Рис. 56. Изображение звезды.
Дифракционные кольца.

вательно в обе стороны. В этих условиях звезда будет нам представляться уже не точкой, а диском, образуемым рядом последовательных темных и светлых колец; неправильности такого изображения более заметны. Если эти кольца окажутся эллиптическими, то это будет свидетельствовать о неправильной центрировке линз. Неправильная же форма колец будет иметь своей причиной какой-либо дефект самих линз. Как в том, так и в другом случае инструмент следует вернуть в магазин, где он был куплен.

Эти испытания, по существу довольно тонкие, должны производиться только в моменты полного спокойствия атмосферы и притом в условиях, когда на качество изображений не смогли бы влиять чисто местные причины.

Влияние атмосферы. Струение воздуха, вредящее качеству изображений, может получиться тогда, когда инструмент находится в помещении, температура которого отлична от температуры внешней атмосферы. Из открытого окна даже слабо натопленной комнаты исходят воздушные волны и струи, оказывающие в указанном отношении чрезвычайно вредное влияние; такое струение воздуха наблюдается даже по соседству со стеной, весь день подвергавшейся действию солнечных лучей. Поэтому, если обстоятельства неизбежным образом принудят читателя производить наблюдения в таких условиях, будет полезно прежде всего или основательно проветрить помещение, или держаться возможно дальше от такой стены, дождавшись, пока ночная прохлада не создаст необходимого равновесия. Эти замечания, совершенно независимо от желательности наличия возможно более незакрытого неба, с достаточной очевидностью объясняют, почему наблюдателю полезно быть изолированным среди сада или поля или под куполом неотапливаемой обсерватории... и основательно мерзнуть, если в этом встречается необходимость!

Приняв все эти меры предосторожности, неизменно приходится считаться и с влиянием общего беспокойствия атмосферы. Газообразная оболочка, окружающая Землю, является врагом астрономов. Располагаясь между нашими глазами и небесными светилами, она несмотря на свою относительную прозрачность, представляет собою серьезное препятствие отчетливой видимости. Не будем говорить еще и о всегда нежеланных облаках. Но даже когда бывает совершенно ясно и тихо, атмосфера в значительной степени поглощает световые лучи, проходящие сквозь нее. В то же

время воздух обладает значительной преломляющей способностью, искажающей изображения светил. Оба этих влияния, и главным образом второе, достигают значительных размеров, когда толщина пронизываемого воздуха значительна; — это случай светил, видимых вблизи горизонта. Действительно, легко убедиться в том, что чем наклоннее идет к нам световой луч, тем большую толщю воздуха ему приходится пронизывать (рис. 57). Поэтому Солнце, блеск которого невыносим, когда оно озаряет нас с высоты неба, представляется нам оранжевым, а иногда даже багрово-красным шаром, когда оно приближается к горизонту. Это влияние поглощения света таково, что неяркие светила

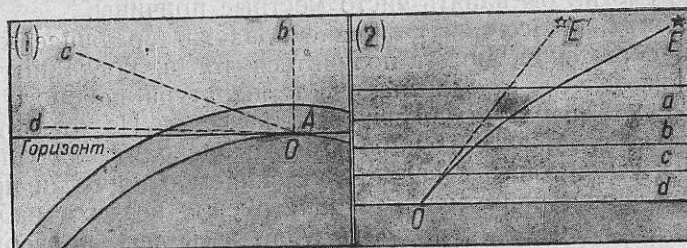


Рис. 57. Поглощение световых лучей и отклонение их атмосферной рефракцией.

(1) Поглощение в атмосферном слое А: для достижения наблюдателя О лучи светила пронизывают слой воздуха тем более толстый, чем это светило (b, c, d) находится ближе к горизонту. — (2) Атмосферная рефракция: световые лучи звезды, находящейся в Е, последовательно преломляемые слоями воздуха a, b, c, d, достигают наблюдателя О в направлении, на продолжении которого звезда кажется находящейся в Е.

перестают быть видимыми задолго до приближения их к горизонту. С другой стороны, в этих условиях сильно сказывается и рефракция. Если бы мы обратились к теории рефракции, то мы увидели бы, что в данном случае мы имеем дело с отклонением световых лучей, настолько меняющим положение светил, кажущимся образом приподнимая их над их истинными положениями (рис. 57), что Солнце, например, еще остается видимым тогда, когда оно в действительности уже исчезло под горизонтом. Такое положение вещей осложняется еще тем, что атмосфера далеко неоднородна. В зависимости от своего метеорологического состояния она образует ряд последовательных слоев весьма неодинаковой температуры, расположение которых к тому же совершенно неодинаково над различными точками земной

поверхности. Благодаря этому световые лучи достигают нас преломленными весьма разнообразными способами, вследствие чего изображения дисков Солнца или Луны, весьма капризно деформируясь, могут приобретать порою причудливый и изменчивый вид (рис. 58). Когда эти влияния действуют на контуры маленького изображения, то оно становится неясным. В этом и состоит причина, порою столь затрудняющая наблюдения хотя бы планет, находящихся низко над горизонтом. Наконец световой луч, приходящий к нам от звезды, представляющейся нам простой точкой,

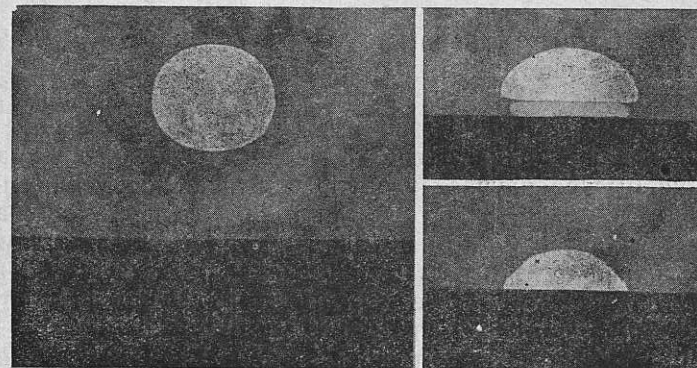


Рис. 58. Влияние атмосферной рефракции. Деформация солнечного диска вблизи горизонта.

может показаться нам прерывистым, т. е. мерцающим вследствие мгновенных отклонений его от направления нашего взгляда: такова причина мерцания звезд и переливающейся их окраски, напоминающей окраску стеклышек, видимых в калейдоскопе.

В результате эти влияния атмосферы за редкими исключениями, осложняемые еще и действием местных воздушных токов, обычно вызывают волны, неравномерно препятствующие отчетливой видимости. Эти воздушные волны обладают некоторой амплитудой. Между двумя такими волнами может наступать сравнительное спокойствие, которым привычный наблюдатель сумеет воспользоваться. Но если эти волны следуют друг за другом на таком расстоянии, что одна кончает проходить перед объективом, когда следующая перед ним уже появляется, то изображение будет колебаться непрерывно. В таком случае диафрагма, закрывающая

отверстие инструмента до половины, но не больше (потому что иначе изображение станет слишком бледным), позволит нам уловить короткие моменты спокойствия.

Наконец существует и еще одно вредное влияние атмосферы, от которого надо попытаться оградиться: это временами покрывающий объектив тонкий матовый налет, образуемый мелкой росой. В большинстве случаев этого можно избежать, насаживая перед объективом длинную трубку из толстой промокательной или бьюварной бумаги; этот колок длиной около полуметра может оказать нам большие услуги.

Теперь, предупрежденные и подготовленные, обратимся к применению инструментов.

Применение оптических инструментов. Начинаящие на первых порах обнаруживают естественное стремление к использованию сразу же самых сильных окуляров. Однако практика быстро научает их, что максимальное увеличение инструмента следует употреблять лишь в редких случаях из-за упомянутых вредных влияний атмосферы. В самом деле, сильный окуляр дает сравнительно бледное изображение; если этот недостаток еще усугубляется неотчетливостью изображения, то мы не увидим ничего. Равным образом мы быстро убедимся в том, что небольшое, но отчетливое изображение лучше большого, но размытого (рис. 49). В общем чем сильнее инструмент, тем реже будут представляться случаи использования максимальной его силы, потому что чаще всего влияние атмосферы не позволит увеличить какое-либо изображение больше, чем в несколько сот раз.

Итак, моменты полного спокойствия атмосферы редки. И только во время них является возможность оценить полную оптическую силу инструмента и научиться лучше и лучше ею пользоваться. Нужно уметь выждать эти мгновения. В силу этого астрономия является настоящей школой терпения. Видеть небо, покрытое облаками, или отдельное облако, в нужный момент закрывающее интересующую нас область неба, пожалуй, менее обидно, чем созерцать его во всем его великолепии, но не быть в состоянии произвести ни одного полезного наблюдения.

Психология наблюдателя. Уметь смотреть в рефрактор или рефлектор, это еще не все, что нужно. Необходимо еще уметь наблюдать. Последующие указания затрагивают одновременно психологическую и физиологическую стороны дела. Если я вообще решаюсь коснуться этой темы, то, ра-

зумеется, не для того, чтобы усомниться в здравом смысле или сообразительности читателя, собирающегося стать наблюдателем, но для того, чтобы предостеречь его против невольного влияния воображения, ослепленного перспективой созерцания чудес неба. Положим, что наблюдается

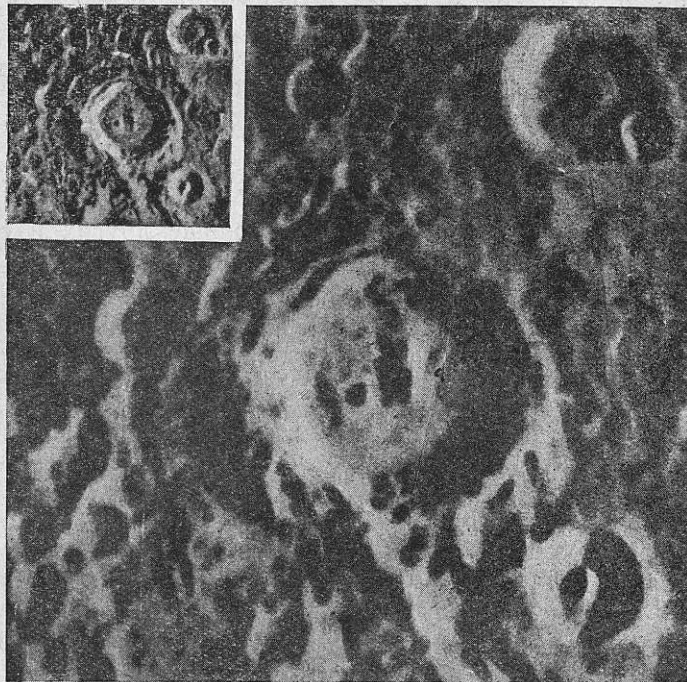


Рис. 59. Качество телескопических изображений.

Вследствие того, что беспокойствие атмосферы оказывает сильное влияние на качество изображения, это последнее будет казаться сравнительно отчетливым при пользовании слабым окуляром, в то время как при сильном увеличении оно покажется размытым.

какая-нибудь деталь, находящаяся на границе видимости. Если она нам абсолютно незнакома, она бывает видима совершенно ненадежно. Если же, наоборот, нам кажется, что мы ее узнаем, или если она обладает сходством с другой нам знакомой деталью, то наше воображение дорисовывает эту деталь и придает ей форму. Картина эта еще более осложняется неодинаковой степенью зоркости различных наблюдателей. Наилучшим примером в данном отношении

может служить тот случай, когда, стараясь издать прочесть вывеску — хотя бы название улицы, мы на гораздо большем расстоянии разберем знакомое нам название, чем совершенно незнакомое слово. С другой стороны, всегда имея дело с неотчетливыми деталями, наблюдатель будет иметь тенденцию истолковывать их с некоторой предвзятостью мыслей в духе какой-нибудь теории, которой он мысленно отдает предпочтение.

Мы уже так устроены, — и лучший способ преодоления этих недостатков заключается в хорошем их знании. Не будем, однако, смешивать увлечение, приводящее к тому, что мы начинаем видеть слишком много, с тем энтузиазмом, который помогает нам преодолевать все препятствия. Не следует стараться увидеть лучше и больше других и стремиться во что бы то ни стало разглядеть «что-нибудь новое». Нужно просто привыкнуть отмечать все то, что действительно видимо. Без сомнения, это во многих случаях труднее, чтобы не сказать неблагоприятнее; но такое собирание документов — сколь бедны они ни были бы в отношении изображенных на них деталей — всегда будет обладать весьма крупной ценностью; этого не следует упускать из вида ни на минуту. Этот вопрос о накоплении документов должен теперь привлечь наше внимание с точки зрения материального их оформления.

Наблюдения и зарисовки. Оставляя пока в стороне фотографию, применяемую только в некоторых определенных случаях, воспроизведение изучаемых нами астрономических явлений должно осуществляться путем зарисовок. Сообразно зоркости и верности глаза, проявляемых при наблюдениях, нужно изображать виденное на рисунке, если и не очень умелом, но во всяком случае добросовестном. Но не всякому человеку легко дается владение карандашом или кистью. Поэтому при недостаточном навыке следует учиться правильно воспроизводить соотношения размеров и точную форму виденных деталей; далее следует уметь оценивать их важность в зависимости от степени видимости. А что касается отделки самого рисунка, столь приятной для глаза, то это все же вещь, о которой приходится заботиться в последнюю очередь. Рисунок восхитительный по тонкости карандашных линий или мазков кисти, но выполненный без соблюдения пропорций, представляет собою гораздо меньше интереса, чем набросок грубый по своему выполнению, но точный и представляющий собою весьма ценный документ.

Итак, упражняйтесь, а остальное приложится; и наблюдатель, чуждый изобразительным искусствам, сможет так напрактиковаться, что окажется в состоянии производить прекрасные зарисовки астрономических объектов. Для зарисовок, которые надо производить, не отрывая глаза от окуляра, удобнее всего пользоваться карандашом или растушевкой. В этих условиях мы уже не смогли бы работать кистью из-за того внимания, которого требует как она сама, так и необходимые к ней принадлежности; кроме того приходилось бы выжидать, пока будут высыхать отдельные тона. И только отдельные, весьма специальные случаи, о которых мы будем говорить впоследствии, более благоприятны для такого способа зарисовок. Помимо легкости в обращении, карандаш, а в еще большей степени растушевка, особенно пригодны для воспроизведения тонких, неотчетливых или гадательных деталей; цветные карандаши также могут успешно применяться. Действительно, в условиях, когда наблюдатель расположен так, что ему все время приходится переводить взгляд от окуляра к тетради для зарисовок, находящейся в руках или на коленях, он едва ли сумеет сделать что-либо, кроме наброска. Но с помощью этого наброска наблюдатель сможет в кратчайший срок сделать тщательный рисунок, к которому он и будет иметь приятную возможность приложить все свои способности к рисованию. Однако при этом отнюдь не следует как-либо прикрашивать или уточнять рисунок, что могло бы исказить действительно виденные подробности.

После этих общих указаний о «манере» зарисовок, выскажем несколько мыслей о их размерах или, вернее, масштабе.

Прежде всего телескопическое изображение представляется нам весьма малым. Это характерное впечатление, неизменно поражающее начинающих. Можно отметить, что, например, Юпитер, наблюдаемый в телескоп при увеличении в 40 раз, кажется нам величиной с Луну, видимую простым глазом; приближая глаз к окуляру, начинающий испытывает некоторое разочарование, потому что вместо огромного шара, ожидаемого в силу вышесказанного, ему покажется, что он видит диск, гораздо меньший нашего спутника и лишенный почти всяких деталей. Это бросающаяся в глаза иллюзия, в существовании которой нетрудно убедиться, когда оба упомянутые светила находятся близко одно от другого: тогда их удобно рассматривать одновременно одно в телескоп, а другое невооруженным глазом;

если они при этом достаточно близки, то, слегка сжав глаза, удастся даже совмещать их. Прежде всего Луна, видимая простым глазом, только кажется нам огромной: в действительности же видимый диаметр ее не превышает поперечника диска в полсантиметра, видимого на расстоянии в полметра (рис. 60).

Итак, будем иметь в виду эту незначительность размеров телескопических изображений. Если бы нам нужно было выполнить зарисовку на расстоянии нормального зрения, сохраняя диаметр светила таким же, каким он нам пред-



Рис. 60. Видимый диаметр Луны.

Луна представляется нам на небе огромным светилем, тогда как в действительности она обладает видимым размером, равным размеру этого маленького диска, рассматриваемого на расстоянии вытянутой руки.

ставляется в окуляре, то такой нарисованный диск должен был бы обладать столь незначительными размерами, что являлось бы почти невозможным поместить на нем все подробности, различимые привычным глазом. Поэтому следует сразу же воспользоваться несколько увеличенным масштабом рисунков, который будет все более и более увеличиваться по мере того, как начинающий будет учиться различать что-либо. А при некоторых специальных зарисовках, как, например, в случае солнечных пятен, нам даже будет казаться, что лист бумаги никогда не будет достаточно велик для того, чтобы уместить на себе все подробности, постепенно различные при пристальном рассматривании.

Однако остережемся заходить в выборе крупных масштабов слишком далеко, так как в противном случае пропорции быстро будут искажены. Так, например, объект,

имеющий вид тонкой линии или точки, лишенный сколь-нибудь заметных измерений, уже не будет воспроизведен в правильном масштабе на рисунке, увеличенном с первоначальной зарисовки, или на зарисовке, выполненной сразу же в чрезмерно крупном размере. Этот случай особенно бросается в глаза, например, у некоторых наблюдателей планеты Марс. Знаменитые каналы часто изображаются на дисках чрезвычайно различных диаметров в виде почти одинаковых полосок, т. е. в виде карандашных линий. Таким образом, если маленькое телескопическое изображение обнаруживает отчетливую линию на небольшом диске, то наблюдатель будет склонен воспроизвести ее в виде тонкой черточки даже на диске крупного масштаба. Этот опыт легко произвести без предвзятых мыслей. Существует совершенно достаточно причин ошибок, обусловливаемых самой манерой рассматривания и истолкования. Поэтому всеми доступными нам средствами следует избегать присоединения к ним еще и причин, зависящих от техники рисования.

При зарисовках самая обстановка, в которой они производятся, также имеет немаловажное значение. Взгляд все время приходится переводить от окуляра трубы — после того как наблюдатель напрягает всю силу зрения на какой-нибудь трудно различимой подробности — к листу бумаги, на котором выполняется зарисовка, и обратно к окуляру для нового пристального взгляда. Это достаточно трудная работа, требующая частого отдыха глаза. Кроме того, в то же время как необходимо хорошо видеть для того, чтобы работать карандашом, нужно оставаться в темноте, для того чтобы глаз сохранял всю свою чувствительность. Поэтому лучше всего поставить рядом с собой какой-нибудь слабый источник света, заключенный в коробку с узким отверстием, полузакрытым козырьком, пропускающим только необходимое количество света на бумагу и заслоняющим источник света от глаз наблюдателя (рис. 61).

Произведенная в форме зарисовок «документация» при-

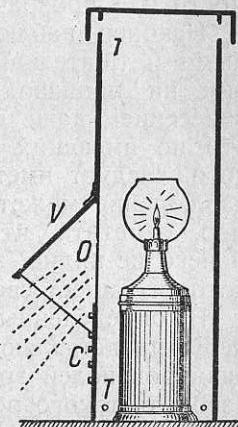


Рис. 61. Фонарь наблюдателя.

Освещение рисунка производится через отверстие *O*, ширина которого регулируется козырьком *V*, перекрываемым с помощью упоров *C*; *T* — отверстия для вентиляции, не нужные при пользовании электрической лампочкой.

обретает ценность, будучи тщательно отмечаема в специальном журнале наблюдений, ведущемся изо дня в день. Наряду с датой отмечается и точное время наблюдения. Для полной законченности переделанного начисто рисунка, запись снабжается следующими необходимыми указаниями: качество изображений, замечания о степени общей видимости или прозрачности атмосферы и т. п.

Наконец наблюдения всегда должны быть систематическими и тщательными, с помощью каких бы инструментов они ни производились. Никогда не следует пренебрегать занесением даже самых мелких деталей: следует помнить, что не имеющих значения деталей не существует. Кроме того, следует иметь в виду, что даже отрицательное наблюдение может представить собой интерес; так, например, отметить, что на поверхности какой-нибудь планеты ничего не видно, значит зарегистрировать явление, причина которого имеет свое значение.

В определенных случаях, когда приблизительные размеры представляют интерес, может оказать пользу знание размеров полей зрения окуляров, что и позволяет нам производить такого рода оценки путем сравнения.

Наилучший способ определения размеров поля зрения заключается в наблюдении прохождения через поле зрения по диаметру звезды, находящейся на небесном экваторе: число минут и секунд, затрачиваемое на прохождение, умноженное на 15, дает этот размер в минутах и секундах дуги большого круга. Пусть, например, выбранная нами звезда затрачивает на прохождение поля зрения 50 секунд; тогда длина его диаметра составит:

$$50 \times 15 = 750 \text{ секунд дуги (или } 12'30'').$$

Так как эти оценки требуют некоторого навыка, то полезно будет произвести их несколько раз подряд и потом взять из них среднее.

Уход за инструментами. Следует рекомендовать возможно большую заботливость в обращении с инструментами и в уходе за ними. Прежде всего следовало бы возможно реже разбирать инструмент или снимать его с установки с целью предотвращения возможного разбалтывания отдельных его частей. Части, не покрытые лаком, следует время от времени протирать слегка жирной тряпочкой. Особенно полезно производить это с частями механизма экваториалов, зубчатые передачи и трущиеся части которых

нужно почаще обмахивать от пыли кистью и смазывать таким же способом. Полезно держать инструмент закрытым чехлом, особенно если он остается в отдельной будке или обсерватории.

Что же касается линз окуляров и объективов, то они требуют еще более нежного ухода. Их следует протирать очень тонкой и очень старой полотняной тряпочкой без швов или очень мягкой кисточкой для бритья с тем, чтобы их не поцарапать. Жирные или влажные пятна удаляются небольшим количеством чистого спирта, но такие протирания, равно как и разборку линз, следует производить возможно реже. При сборке обеих частей линзы, составляющих одно целое, их всегда следует вставлять обратно в том же положении, определяемом отметкой на краях. Наконец зеркала рефлекторов еще более непрочны; поэтому всеми возможными средствами следует предохранять их от пыли.

Условия, необходимые для астрономической фотографии. При визуальных наблюдениях решающую роль играют навык наблюдателя и верность его глаза; в части же, занимающей нас теперь, важнее уменье фотograфа и терпение, которое нам всегда обеспечивает истинная любознательность.

Не удивляйтесь, узнав, что неудачи здесь, так же как и везде, будут часты, особенно у начинающего. Астроном-фотограф может претерпевать столько же разочарований, сколько и его товарищ наблюдатель. А тот, кто будет заниматься обеими этими ветвями практической астрономии, столь хорошо дополняющими одна другую, одновременно, должен будет вооружиться против всех трудностей, присущих каждой из них или обоим им вместе: против ветра, облаков, неожиданного толчка аппарата во время съемки. Желая заняться систематическим фотографированием астрономических явлений необходимо быть всегда готовым, для чего необходимо научиться спешить, не упуская при этом ничего необходимого. Вы ожидаете наступления быстро проходящего явления, как, например, затмения; небо закрыто облаками, оставляющими в разных местах небольшие просветы; один из них, быть может, откроет Луну на несколько секунд: нужно суметь их использовать.

Некоторые советы общего характера могут быть даны для всех случаев. Поэтому они будут изложены на последующих страницах раз и навсегда.

Однако, прежде чем обратиться к этим вопросам, мы

должны предположить, что читатели знакомы с основными принципами фотографии и уже достигали известных успехов в фотографировании земных предметов. Поэтому мы уже не будем говорить здесь ни о необходимых условиях, ни о том, как проявляется негатив. Однако отметим, что при астрономической фотографии для достижения хороших результатов всегда необходимо принимать всевозможные предосторожности. Отчетливость негативов является главным необходимым условием. Сверх этого следует стремиться к возможно большей резкости негативов, особенно при фотографировании звезд. Наконец, так же как и при визуальных наблюдениях, необходимо приобрести навык. А какими пластинками, проявителями и бумагами лучше пользоваться для достижения определенных целей в различных случаях научит нас небольшой опыт.

Наводка на фокус. При астрономической фотографии первой нашей заботой является наводка на фокус, остающаяся неизменной: это установка на бесконечность. Раз произведя ее, ею уже не приходится заниматься впоследствии, если только положение самого аппарата не меняется. Необходимое для этого определение фокусного расстояния производится одинаковым способом для всех аппаратов. Не надо пытаться установить его путем наводки на матовое стекло: этим способом невозможно достичь достаточно точных результатов, потому что у объективов рефракторов, исправленных для световых лучей, фокус, таким образом определенный, не совпадает с химическим фокусом, в котором сходятся фотографически действующие лучи. Этот фокус находится несколько ближе к объективу, чем фокус оптический.

Итак, в силу двух указанных причин мы будем действовать следующим способом: с помощью матового стекла мы осуществим приближенную наводку на фокус, пользуясь для этого группой звезд или Луной. Затем выберем какую-нибудь звезду второй или третьей величины, на которую и направляем аппарат, приблизительно установленный на фокус указанным путем; при этом, чтобы случайно не нарушить этой наводки, делается отметка или на оправе объектива (если он передвигается с помощью кремальеры), или на окулярной трубке, несущей на себе камеру (если дело касается фокуса трубы), или наконец на передке обыкновенного фотографического аппарата. Выполнив это, мы откроем светочувствительную пластинку на короткое время

(секунд на 30 например), и звезда вследствие суточного движения неба прочертил на пластинке небольшую черточку. После этого закроем объектив и чуть-чуть изменим наводку (тем меньше, чем короче фокусное расстояние), а затем, получив новую черточку, мы произведем новое изменение наводки и новую экспозицию и т. д. Действуя таким образом, мы в конечном результате получим пластинку вроде изображенной на рис. 62. На ней одна из черточек будет гораздо отчетливее всех остальных. Она именно и будет соответствовать точной наводке на фокус. В случае же если бы две черточки обладали равной отчетливостью, искомая точка была бы расположена между ними. Так как соответствующую метку отыскать нетрудно, то мы найдем ее и сделаем более заметной, чем наводка на фокус и будет закончена. Чтобы облегчить нахождение на пластинке первой черточки, мы будем действовать так, чтобы она чем-нибудь

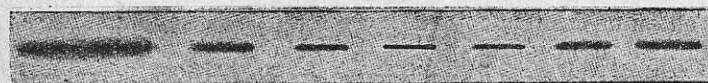


Рис. 62. Следы звезды на пластинке для наводки на фокус.

отличалась от остальных, т. е. была бы или длиннее, или короче их, или имела бы прерывистый характер.

Такого рода хорошо различимые отметки имеют смысл главным образом у рефракторов, подвижные окулярные трубки которых часто передвигаются при пользовании различными окулярами. Обыкновенные же аппараты, специально установленные для фотографирования неба, уже не приходится как-либо переставлять, кроме как в редких случаях, когда камера может покоробиться вследствие сухости или сырости. Однако тем не менее следует рекомендовать производить достаточно частую проверку правильности наводки на фокус всех аппаратов вообще (а особенно обладающих незначительными размерами), потому что малейшая неправильность этой наводки приобретает большое значение.

Если же, с другой стороны, работа ведется с трубой с различными окулярами, а следовательно, и с различными фокусными расстояниями, то нужно будет, разумеется, произвести столько же определений, сколько будет окуляров. Для того чтобы не испещрять окулярную трубку большим количеством отметок, которые легко было смешать между

собой, мы можем поступить следующим образом: предварительно нанести каким-нибудь острием десятичный масштаб (сантиметры и миллиметры) на трубку, снабженную кремальерой. Произведя это, окулярная трубка, к которой прикреплен аппарат, будет вдвигаться в нее всегда до определенного отмеченного этими делениями места; точная наводка на фокус будет осуществляться также с помощью этих делений. Таким образом, мы заметим (и запишем), что фокус одного окуляра соответствует, например, 3,7, другого 4,5 и т. д. Это весьма надежный метод, исключаящий возможность ошибок.

Предосторожности, необходимые при фотографировании рефрактором. Инструмент должен быть вполне устойчивым, и мы должны тщательно следить за правильной его наводкой на фотографируемое светило (особенно в случае фотографирования с непосредственным окулярным увеличением). Действительно, при ограниченном поле зрения, оно скоро сможет уйти из поля зрения во время приготовлений, если только инструмент не движется автоматически часовым механизмом. Поэтому необходимо хорошо выверить положение искателя в смысле параллельности его оптической оси с осью трубы, а также знать размеры его поля зрения; иными словами, надо знать время, необходимое для того, чтобы, например, Луна, касавшаяся края поля зрения изнутри, переместилась точно в середину его, на крест нитей. При фотографировании надо действовать в следующем порядке:

- 1) вставить кассету в аппарат и открыть ее;
- 2) привести в искателе светило на край поля зрения и с этого момента начать счет секунд;
- 3) продолжая вести этот счет, подойти к объективу и открыть его крышку или удалить закрывающую его ширму; по истечении определенного нами ранее нужного количества секунд произвести экспозицию, продолжительность которой не должна превышать полсекунды, потому что иначе смещение изображения станет слишком заметным.

Эти трудности по наведению аппарата на нужную точку неба и по вычислению момента начала съемки отпадают в том случае, когда мы работаем с инструментом, движимым часовым механизмом.

Все эти предосторожности должны быть выполнены особенно тщательно при фотографировании Луны, тогда как при фотографировании Солнца, производимого с помощью моментального затвора, описанного на стр. 80, колебания

играют меньшую роль. Всякое устройство для механического закрывания объектива, работающего мягко, без сотрясений, всегда ценно; в случае отсутствия такового вместо обыкновенной крышки объектива, насаживающейся туго, предпочтительно пользоваться большим экраном, вычерненной картонной коробкой или же наконец плотной фуражкой.

В дальнейшем при описании различных светил мы будем указывать наиболее пригодные способы их фотографирования.

Зная о поразительных результатах, достигнутых на поприще астрофотографии большими современными обсерваториями, читатели, быть может, подумают, что совершенно бесполезно заниматься изучением неба с помощью наших маленьких любительских инструментов. Такой взгляд, хотя в некоторых отношениях и справедливый, тем не менее не должен нас обескураживать. А потом само созерцание, а тем более изучение доставляет нам немалое удовольствие уже само по себе. Наконец всегда найдутся работы и исследования, над выполнением которых успешно потрудится серьезный, настойчивый и умелый наблюдатель, располагающий даже самыми скромными средствами. Целью последующих страниц именно и является показать, в каких случаях и в каких пределах можно надеяться на достижение успешных результатов.

ЛУНА

Ни одно светило не пользуется такой известностью, как Луна, вид которой знаком всем благодаря изменению ее фаз и благодаря некоторому сходству ее диска с человеческим лицом. Мы начинаем наше путешествие по небу с посещения этого ближайшего к нам мира. Вследствие его близости мы знаем его лучше всех остальных светил.

Размеры и расстояние Луны. Диаметр Луны равен 3478 км. Сравнивая ее шар с земным (рис. 63 [2]), мы убе-

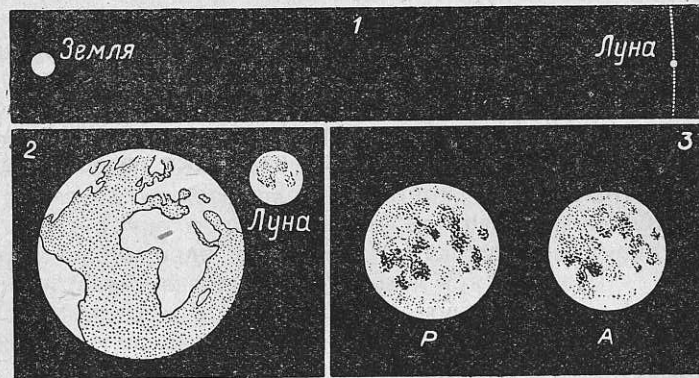


Рис. 63. Размеры лунного шара.

(1) Относительные размеры и взаимное расстояние Земли и Луны в правильном масштабе. — (2) Относительные размеры Земли и Луны. — (3) Изменение видимого диаметра Луны на крайних ее расстояниях: *P* — в перигелии, *A* — в афелии.

димся в том, что диаметр ее в 4 раза, а объем в 50 раз меньше земного. Что же касается массы Луны, то она еще меньше, составляя лишь $\frac{1}{81}$ земной массы: вещества, образующие лунный шар, гораздо легче веществ, составляющих шар земной.

Расстояние Луны меняется: она обращается вокруг Земли по эллиптической орбите с довольно значительным эксцентриситетом, приближаясь к нам на 360 000 км

перигее и удаляющим на 409 000 км в апогее; среднее расстояние Луны от Земли измеряется 384 000 км: это составляет 30 земных диаметров (рис. 63 [1]).

Эти изменения расстояния достаточно значительны для того, чтобы обусловить весьма заметные даже на-глаз различия видимого диаметра лунного диска (рис. 63 [3]).

Движения Луны. Полный оборот по этой орбите или сидерическое обращение совершается в $27^{\circ}7'43''11^{\circ}5$. Но только спустя $29^{\circ}12'44''2^{\circ}8$ Луна кажется завершающей полный цикл своих фаз; этот последний промежуток времени составляет синодическое обращение или лунный месяц. Эта разница продолжительности обусловливается смещением Земли относительно Солнца, происходящим за время обращения Луны. Для того чтобы лучше уяснить себе это, примем за исходную точку наших рассуждений Луну, находящуюся точно в направлении Солнца, т. е. в соединении с ним (новолуние.)

Когда наш спутник закончит полное обращение по своей орбите, она уже не будет находиться в направлении

Солнца, потому что это последнее кажущимся образом изменило свое положение в пространстве вследствие движения нашей Земли. Для того чтобы вновь прийти в соединение с Солнцем, Луна должна продолжить свой путь на некоторое расстояние, удлиняющее лунный месяц до 29 дней (рис. 64).

Фазы Луны. Цикл лунных фаз завершается в течение лунного месяца. Для удобства на схематическом чертеже (рис. 65), поясняющем происхождение лунных фаз, Земля предполагается неподвижной, а Луна — обращающейся только вокруг нее. Лунный шар только наполовину освещается Солнцем; большая или меньшая часть этой освещенной половины,

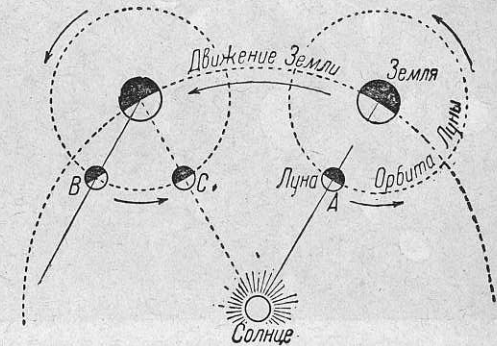


Рис. 64. Сидерическое и синодическое обращения Луны.

Луна, обращаясь вокруг движущейся Земли, заканчивает в *B* один полный оборот (сидерическое обращение) после положения *A*, соединения с Солнцем. Она должна еще переместиться до *C*, чтобы вновь вступить в соединение с Солнцем.

видимая нам в разное время, и обуславливает явление лунных фаз (рис. 65). Этот же чертеж, показывающий относительное расположение Солнца, Земли и Луны, одновременно объясняет, почему тогда, когда фаза представляется нам в виде узенького серпа, мы видим и весь остальной лунный диск, освещенный пепельным светом. В это время неосвещенное полушарие Луны бывает повернуто к полушарию Земли, почти полностью освещенному

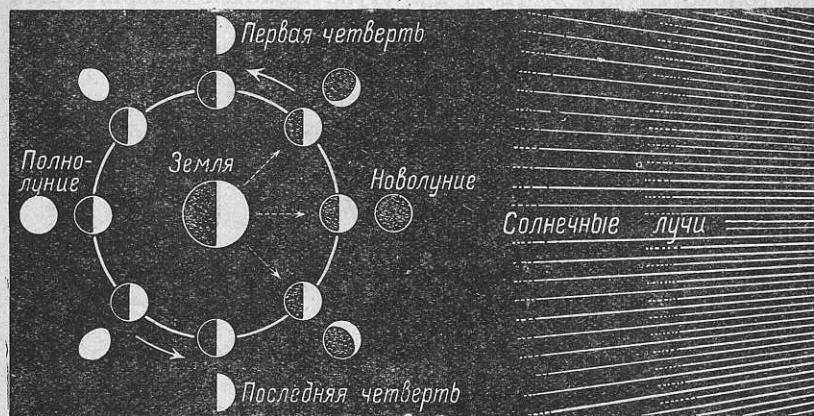


Рис. 65. Объяснение лунных фаз.

Последовательным положением наполовину освещенного Солнцем лунного шара вокруг Земли соответствуют изображению сбоку фазы; Луна во время новолуния невидима, теряясь в солнечных лучах. Когда Луна находится между Солнцем и Землей, отраженный свет последней (изображенный короткими стрелками) слегка освещает темную сторону лунного шара, которую мы тогда видим освещенной пепельным светом.

солнечными лучами; тогда Земля отражает часть света на Луну, которая и становится вследствие этого видимой, освещенная «земным светом».

Легко убедиться в том, что Луна постоянно обращена к нам одной и той же своей стороной, видимой в большей или меньшей своей части в зависимости от фазы (рис. 66). Поэтому на первый взгляд могло бы показаться, что лунный шар остается неподвижным, а не вращается вокруг своей оси. Однако такое представление ошибочно, потому что если наш спутник и показывает нам всегда одно и то же свое полушарие, то это на самом деле происходит потому, что Луна поворачивается вокруг своей оси в то же самое время, как она оборачивается вокруг Земли. Оба эти движения сочетаются, вследствие чего вращение около

оси постоянно поворачивает к нам ту же часть лунной поверхности, которая ушла бы из нашего поля зрения, если бы Луна двигалась по своей орбите не вращаясь.

В действительности дело обстоит несколько иначе. Вращение Луны происходит равномерно, а обращение ее неравномерно, вследствие непостоянства расстояния ее от Земли. Оба движения, следовательно, не всегда в точности совпадают, а поэтому обращение то опережает вращение, то отстает от него. Этим порождаются небольшие отклонения то в ту, то в другую сторону, своего рода качания, называемые либрацией. Благодаря этому мы можем видеть несколько более половины Луны, которая

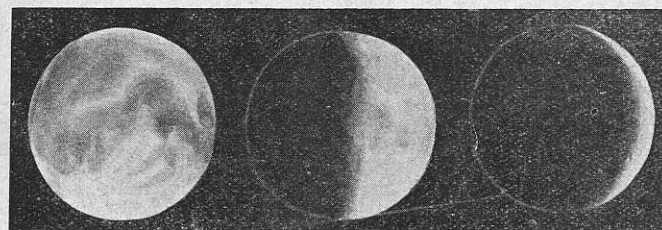


Рис. 66. Луна всегда обращена к Земле одной и той же стороной.

Очертания, видимые на этой стороне, последовательно открываются полностью или частью, в зависимости от величины фазы.

должна была бы оставаться повернутой к Земле, если бы оба эти движения в точности совпадали. Вращение лунного шара происходит вокруг оси наклонной на $6^\circ 11'$. Вследствие этого полярные области лунной поверхности бывают видимы под различными углами, определяющими также остальные проявления либрации. В конечном результате вместо того, чтобы видеть только половину лунной поверхности, мы можем наблюдать шесть десятых ее.

Движение Луны не совершается так просто, как это можно было бы подумать, глядя на рис. 65, объясняющий происхождение лунных фаз. Если бы дело обстояло так, как на нем, т. е. если бы Солнце, Земля и Луна всегда находились бы в одной плоскости, то мы, например, каждый месяц видели бы Луну проходящей перед Солнцем, которое вследствие этого затмевалось бы. В действительности же затмения, напротив, происходят довольно редко. Причину этого следует искать в особенностях движения Луны.

Причины затмений. Луна движется по орбите наклонной на $5^{\circ}18'$ к плоскости, в которой совершается обращение Земли вокруг Солнца. Обращаясь к рис. 67, легко понять, что движение нашего спутника последовательно то поднимает его над этой плоскостью, то опускает под нее; в течение каждого своего обращения Луна проходит через две точки пересечения этих плоскостей, носящие название *узлов лунной орбиты*.

Затмение Солнца происходит, когда Луна проходит в точности между ним и Землей; в это время все три светила находятся в точности на одной прямой. Затмение

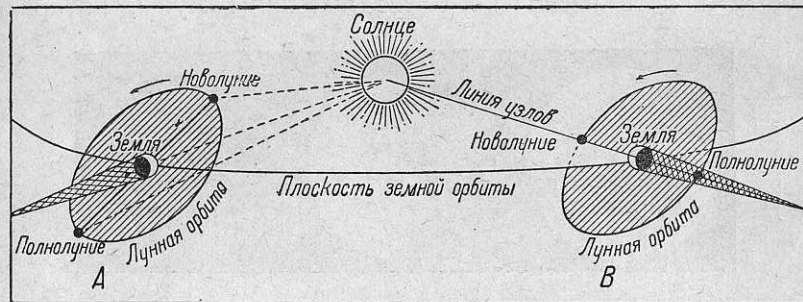


Рис. 67. Причины затмений.

Двигаясь по своей наклонной орбите, Луна находится последовательно то выше, то ниже направления к Солнцу, находящегося в плоскости земной орбиты. Луна может проходить перед Солнцем, затмевая его или сама затмеваться в тени Земли, только проходя вблизи линии пересечения обеих этих орбит, наклоненных одна к другой.

Луны происходит как раз в противоположном положении: когда эти три светила опять-таки находятся на одной прямой, но когда Луна, располагаясь в противоположной стороне от Солнца, бывает погружена в тень, отбрасываемую Землей, как всяким непрозрачным телом.

Первое из этих явлений может иметь место только в новолуние, второе только в полнолуние. Они могут происходить только тогда, когда Луна, будучи в одном из указанных положений, одновременно находится вблизи пересечения плоскостей лунной и земной орбит. Вдали от этих точек вследствие взаимного наклонения этих орбит наш спутник во время новолуния проходит выше или ниже Солнца, а во время полнолуния избегает конуса земной тени. Мы не можем входить здесь в объяснение общего механизма этих явлений и причин относительно редкого их наступления.

Эти условия осложняются еще и перемещением самой лунной орбиты, направление плоскости которой в пространстве (линия пересечения плоскости лунной и земной орбит) не остается неизменным, но медленно вращается с периодом в 18 лет и 11 дней. Вследствие этого те же самые затмения повторяются по истечении этого периода, подмеченного еще древними и названного ими *саросом*.

Количество затмений из года в год колеблется: то их бывает целых семь (пять солнечных и два лунных или четыре солнечных и три лунных), то их наблюдается только два и притом оба солнечных.

В течение упомянутого периода в 18 лет 11 дней происходит в среднем 43 солнечных затмения и 28 лунных. Почему последние происходят реже? Когда мы будем гово-

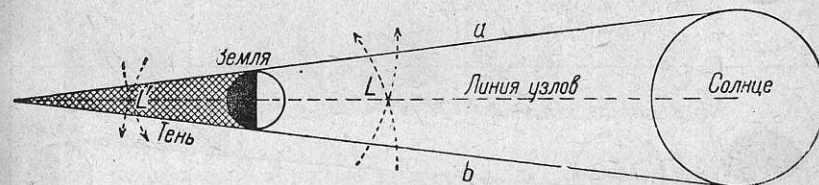


Рис. 68. Частота повторяемости солнечных и лунных затмений.

В конусе ab , определяемом размерами Земли и Солнца, Луна совершает более длинный путь, проходя между Солнцем и Землей по широкой части этого конуса L , чем в узкой его части, т. е. в конусе земной тени L' , вблизи его вершины. При этом, неизменно проходя через линию узлов, плоскость лунной орбиты может быть ориентирована различно.

речь подробнее о каждой категории этих явлений отдельно, мы увидим, что условия, при которых они наступают, ввиду соотношения диаметров трех светил, не требуют, чтобы они математически точно располагались на одной прямой, для того чтобы они частично проходили друг перед другом, загораживая большую или меньшую часть затмеваемого светила. Рис. 68 показывает, что вне линии центров вследствие конусообразной формы земной тени существует больше шансов для того, чтобы Луна прошла между Землей и Солнцем (случай солнечного затмения), чем для того, чтобы она попала в земную тень с противоположной стороны от Земли (случай лунного затмения).

Солнечные затмения. Огромное и далекое Солнце и маленькая и близкая Луна обладают почти в точности одинаковыми видимыми диаметрами. Но, как мы помним, колебания их расстояний обуславливают значительные колебания этих видимых диаметров, особенно у Луны.

Эти колебания, ориентировка лунной орбиты относительно Солнца, равно как и положение наблюдателя на земном шаре, являются условиями, определяющими вид солнечных затмений: они бывают частными, полными или кольцеобразными.

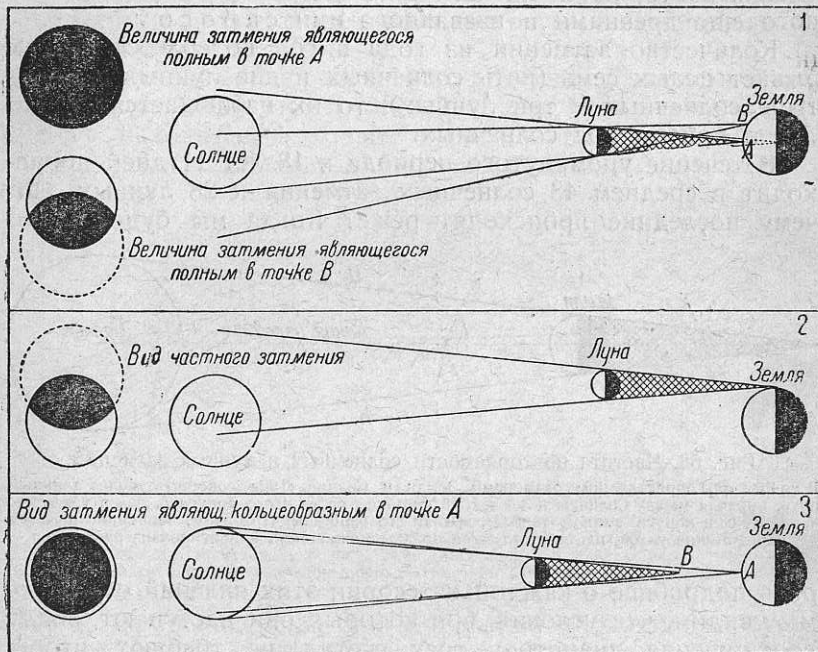


Рис. 69. Причины солнечных затмений.

В зависимости от расстояния от Земли и от положения наблюдателя Луна кажется проходящей перед Солнцем различным образом: (1) Случай полного затмения в одной точке земной поверхности и частного в другой. — (2) Случай затмения, видимого только в качестве частного. — (3) Случай кольцеобразного затмения; в силу того, что Луна сильнее удалена от Земли, вершина В ее тени не достигает до наблюдателя А, который в этом положении видит край солнечного диска выступающим за край лунного диска.

Прилагаемые схемы (рис. 69) помогут нам разобраться в причинах различных видов одного и того же явления. Несмотря на их упрощенный характер, эти схемы ясно указывают на значение отношения параллакса к расстоянию Луны и к размерам нашего земного шара. Таким образом, мы убеждаемся в том, что различные наименования, служащие для обозначения характера солнечного затмения, применяются одновременно к одному и тому же явлению.

В то время как затмение является полным в определенной области, в других областях, расположенных по бокам от первой, в которых Луна представляется сдвинутой по отношению к Солнцу, оно является частным (рис. 70). Так же обстоит дело и с кольцеобразными затмениями. Наблюдаются также любопытные случаи затмения, видимого в одном районе как полное, но становящееся кольцеобразным в соседних районах, вследствие кривизны земной поверхности, заметным образом укорачивающей или удлиняющей расстояние Луны от различных точек, в которых это явление бывает видимо. Отметим, что движение Луны в пространстве сочетается с вращением Земли, различные области ко-

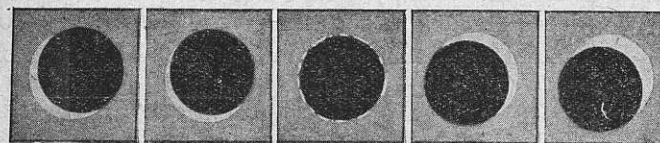


Рис. 70. В зависимости от положения наблюдателя на земной поверхности одно и то же затмение бывает видимо совершенно различным образом.

Затмение 17 апреля 1912 г. видимое в Бресте, Реннах, Сен-Жермене на Лее, Лионе и Марселе.

торой вследствие этого последовательно задеваются конусом лунной тени; этим самым и вычерчиваются зоны полной или кольцеобразной фазы.

Наконец может случиться, что затмение будет только частным. Это произойдет тогда, когда орбита Луны пройдет в пространстве слишком далеко от прямой, соединяющей центры Земли и Солнца.

Солнечные затмения, видимые каждый раз только в определенных областях земной поверхности, обладают весьма различной продолжительностью, зависящей от совокупности всех обуславливающих их факторов. При наличии наиболее благоприятных условий Солнце может полностью затмеваться на $7^{\circ} 58'$; кольцеобразное же затмение может быть видимо как таковое в течение $12^{\circ} 24'$.

Лунные затмения. Эти явления гораздо проще. Луна затмевается потому, что, попадая полностью или только частью в земную тень, она перестает освещаться Солнцем. Поэтому такое затмение бывает видимо одновременно и одинаковым образом на всем полушарии Земли, обращенном

в этот момент к Луне. Одним словом, лунное затмение в какой-нибудь определенной области земной поверхности бывает видимо полностью или частью просто в зависимости от часа дня, в который оно имеет место.

Рис. 71 дает объяснение причин лунных затмений. Теперь нам надо поподробнее разобраться в причинах, определяющих характер этого явления.

Если тень бросается каким-либо предметом, освещаемым источником света, по своим размерам превосходящим точку, то эта тень бывает окружена полутенью, ширина которой является функцией расстояния и диаметра источника света. Это и есть случай Земли, освещаемой огромным шаром Солнца. Ее тень окружена широкой полутенью. Луна попадает сначала в нее (рис. 71), вследствие чего мы

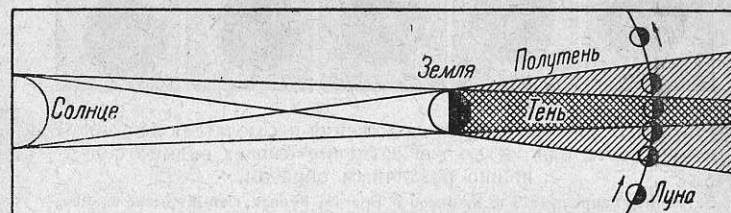


Рис. 71. Причины лунных затмений.

наблюдаем медленное уменьшение ее яркости; после этого Луна погружается в полную тень. При выходе из нее это явление повторяется, разумеется, в обратном порядке.

В зависимости от положения лунной орбиты Луна погружается в тень полностью или только частью (рис. 72). Эти затмения бывают частными и полными и притом в каждом случае различной продолжительности; последнее имеет своей причиной то, что соотношение расстояний Земли от Солнца и от Луны изменяет пропорции диаметра тени и поперечника лунного диска. Наш спутник затрачивает 4 часа на то, чтобы пересечь насквозь конус полутени, в середине которого, в конусе тени, полное затмение может продолжаться более 2 часов.

Обыкновенно мы убеждаемся в том, что вместо того, чтобы исчезать от наших взоров, Луна даже в середине полного затмения представляется нам освещенной великолепным оранжевым светом. Причину этого явления следует искать в атмосфере, окружающей Землю. Некоторая часть

световых лучей, касающихся земного шара, при их прохождении мимо него, и ограничивающих собой конус полной тени, преломляется воздушной оболочкой, которую им пришлось пересечь; благодаря этому они проникают внутрь тени, где Луна и оказывается достаточно освещенной ими для того, чтобы оставаться видимой. А если ее окраска является красной или оранжевой, то этим мы обязаны тому,

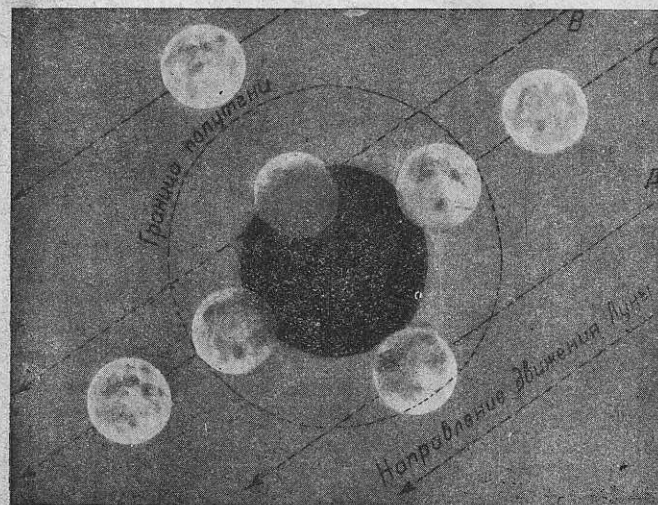


Рис. 72. Как Луна затмевается в земной тени.

Двигаясь по траектории А, Луна проходит только сквозь полутень. Двигаясь по траектории В, она частично попадает в тень. Двигаясь по траектории С, она полностью погружается в тень, когда и происходит полное затмение. (Вверху рисунка полная Луна проходит вне тени и полутени.)

что лучи этой окраски задерживаются менее, чем синие и фиолетовые, большей частью поглощаемые пронизываемой ими воздушной оболочкой.

Вид лунной поверхности. Благодаря близости Луны мы можем различать детали ее поверхности с поразительной отчетливостью. Общий вид ее таков, как если бы она была основательнейшим образом исковеркана и взрыта множеством вулканических кратеров и гор, перемежающихся обширными сероватыми поверхностями, видимыми простым глазом; расположение их в общих чертах напоминает облик человеческого лица.

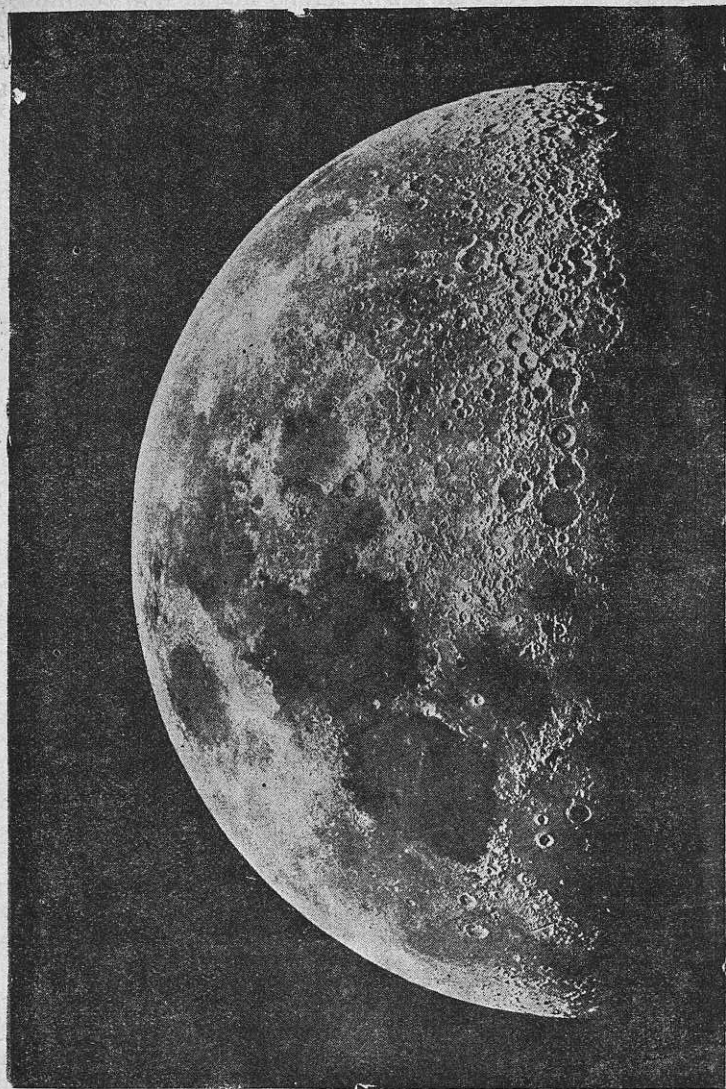


Рис. 73. Луна в первой четверти.

Древние наблюдатели, считавшие эти пятна морями, дали им соответственные наименования на первых рисунках поверхности нашего спутника. В действительности же это обширные равнины (рис. 74), некоторые участки которых представляются весьма ровными, в то время как другие пересечены большими расщелинами и усеяны кратерами, отдельными горными массивами, небольшими горками, бороздками и сбросами. Тем не менее названия «моря» и «океаны» были сохранены.

Горы многочисленны, но лишь немногие крупные горные цепи подобны нашим земным. Им были даны те же названия: Альпы, Аппенины, Кавказ, Кордильеры и т. д. Наиболее красивая цепь Аппенины лучше других открывается нашим взорам (рис. 75); она содержит вершины высотой от 5 до 6 тыс. м. Наибольшие высоты находятся на южном полюсе Луны, где горы Лейбница поднимаются на высоту свыше 8 тыс. м. Некоторые другие горы поднимаются среди равнин в виде отдельных массивов или вершин.

В середине лунного диска мы видим детали так, как если бы мы парили над ними на воздушном шаре. Детали же, которые, благодаря их положению на лунном шаре, кажутся находящимися вблизи краев лунного диска, наоборот, видимы в профиле в настоящем их виде, напоминая горы, находящиеся на горизонте (рис. 75).

Но что прежде всего характеризует лунную поверхность, — это бесчисленные кратеры или цирки. Кольцевидная форма их (становящаяся эллиптической у некоторых из них вследствие перспективы) иной раз отличается большой правильностью. Некоторые цирки не образуют замкнутых кругов, и валы их кажутся разрушенными на некоторых участках; или же встречаются цирки сегментированные, благодаря проникновению одних из них в другие. В центре некоторых из этих цирков находится массив или горка, что на первый взгляд придает им сходство с нашими земными вулканами; в остальном дно цирков почти плоское. Оно представляется нам обширной равниной, окруженной каменистым кольцеобразным валом, обладающим иной раз весьма правильной формой (рис. 76). Обычно дно этих цирков ниже уровня окружающей их поверхности.

Эти образования обладают весьма различными размерами. Цирки, превышающие в диаметре 10 км, многочисленны, а самый большой из них Гримальди (находящийся

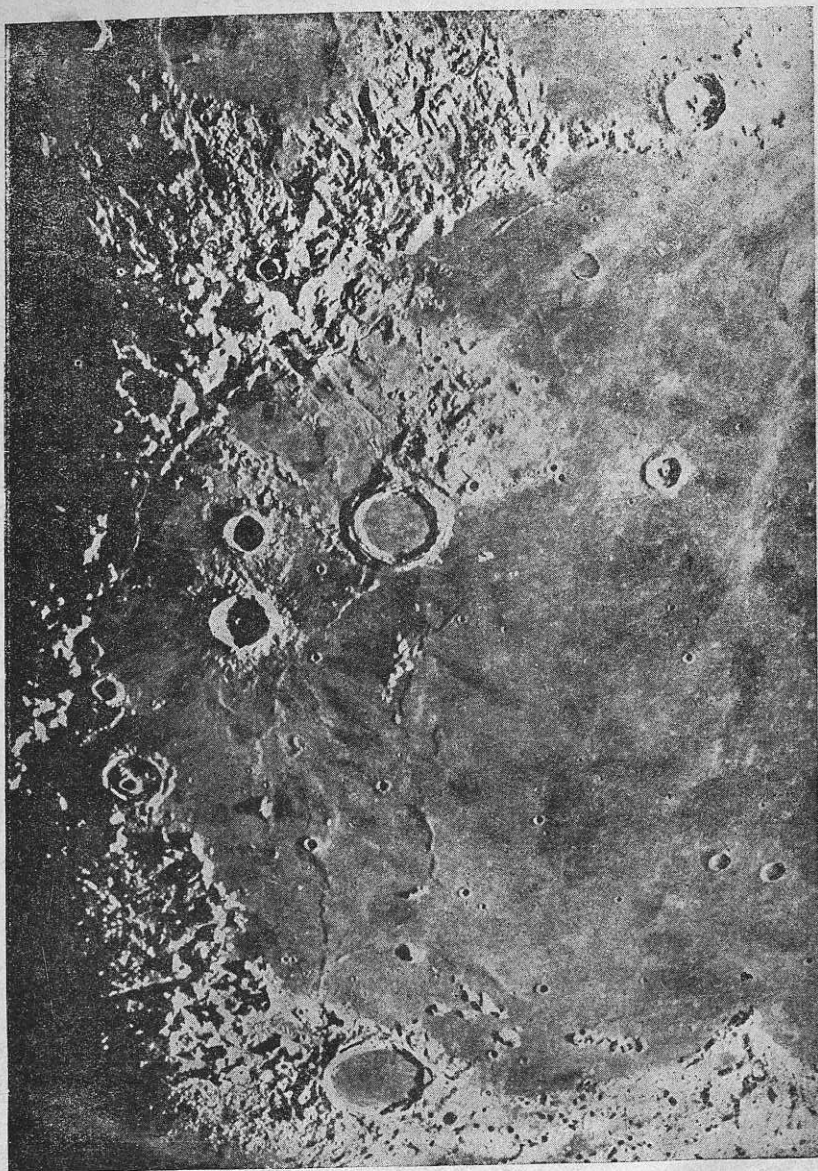


Рис. 74 Общий вид обширных равнин Луны.
Море Дождей (ограниченное слева цепью Аппенин).

на восточном краю диска) достигает 235 км. Но еще гораздо больше было открыто кратеров диаметром около одного километра и даже меньше. Многие из этих последних усеивают обширные равнины, где они располагаются це-

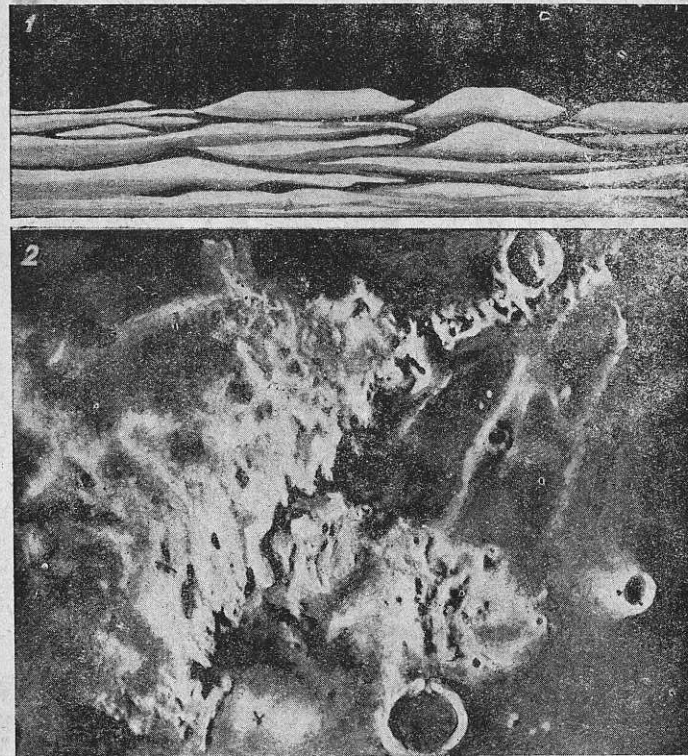


Рис. 75. Типы лунных горных цепей.

(1) Горы Лейбница, видимые в профиль на южном крае лунного диска. — (2) Цепь Аппенин, расположенная в середине диска, она видима, как на рельефном плане.

пями вдоль по огромным трещинам или бороздам, пересекающим эти равнины. Такие трещины в некоторых случаях достигают значительных размеров: часто превышая в ширину один километр, они тянутся в длину на сотни километров. Наряду с ними встречаются крутые обрывы, напоминающие наши геологические сбросы.

Для подробного описания лунной поверхности потребовалась бы целая книга *. Но, самое главное, лунную поверх-

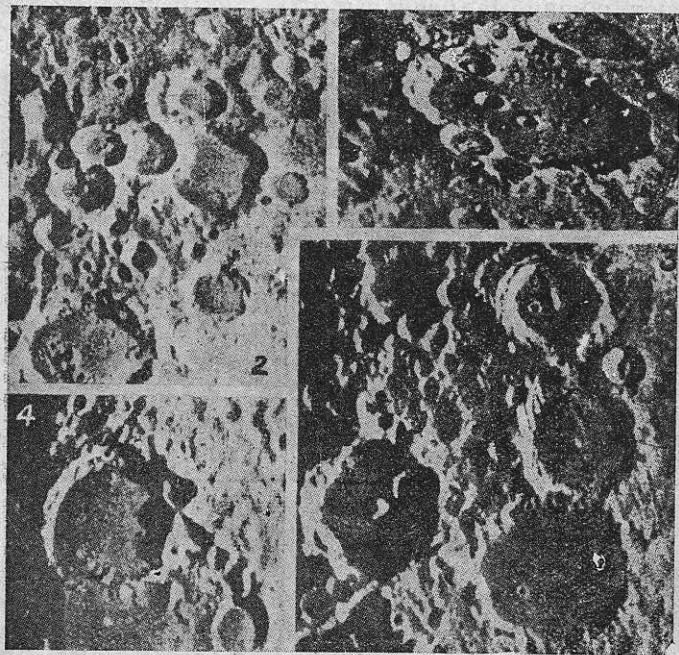


Рис. 76. Типы лунных цирков.

(1) Клавий, самый большой цирк, усеянный многочисленными мелкими кратерами. — (2) Цирки, вдающиеся друг в друга. — (3) Вверху: Арзахель, цирк с центральной горкой; внизу: Птолемей, цирк с плоским дном. — (4) Фракастор, полуразрушенный и полупогруженный цирк.

ность увидеть собственными глазами. Это такое зрелище, которое не может не привести в восхищение даже безучастного зрителя.

* Краткое описание лунной поверхности содержится в упомянутой в предисловии книге К. Д. Покровского «Путеводитель по небу»; более подробное в переведенной мною книге проф. Ю. Франца «Луна» (Гиз, М.—П. 1923). Большую пользу астрономам-любителям при ознакомлении с лунной поверхностью принесет «Атлас Луны» С. Гальперсона (2-е изд. Научного книгоиздательства, Л., 1922), содержащий 24 таблицы лунной поверхности по снимкам Леви и Пуизе, с иллюстрированным объяснительным текстом и кальками. *Прим. перев.*

По мере изменения лунных фаз наклонное освещение выявляет с изумительной резкостью все неровности лунной поверхности, находящиеся вблизи границы или, как ее называют, терминатора освещенной части Луны. В самом деле, для этих областей ее поверхности Солнце или восходит, или заходит; и как и у нас в такие же моменты солнечные лучи, скользящие по земной поверхности, наделают длинными тенями мельчайшие предметы, освещенные ими. Вам несомненно уже приходилось видеть вашу огромную тень, тянущуюся по дороге в час заката. На Луне дело обстоит таким же образом, благодаря чему мы и имеем возможность любоваться горами, отбрасывающими длинные тени. Углубления, образуемые цирками, представляются нам огромными темными колодцами, у которых освещены только верхние части окружающих их валов; таково именно происхождение светлых колец, видимых вблизи терминатора. По этим же причинам вершины гор кажутся нам изолированными блестящими точками, в то время как их склоны и подножия погружены в глубокий мрак. Таковы условия наклонного освещения, позволяющие путем измерения длин теней производить вычисления высоты лунных гор.

Все вышеописанное ступает перед глазами по мере того, как солнечные лучи начинают все более и более отвесно освещать лунную поверхность перед полнолунием. Во время самого полнолуния прямое освещение приводит к тому, что детали представляются нам в совершенно ином виде. Вследствие исчезновения теней, рельеф стал неощутимым. Нашему глазу рисуется только сложная структура, выявленная различной окраской отдельных участков. Прежде всего бросаются в глаза системы светлых лучей, исходящих из определенных центров (рис. 77). Наиболее замечательной из таких звездообразных систем является система лучей, окружающая Тихо, один из наиболее крупных цирков южной части лунного диска. Другая подобная система, менее развитая, но весьма интересная благодаря своему спутанному виду, берет начало от кратера Коперника. Кроме названных еще много кратеров или цирков окружено аналогичными ореолами меньших размеров. Наконец видны светлые полосы, бороздящие лунную поверхность во всех направлениях, и отдельные блестящие точки, разбросанные повсюду в незначительных количествах. Прямое освещение во время полнолуния позволяет



Рис. 77. Общий вид Луны в полнолуние

Фотография, увеличивая контрасты, выявляет различные оттенки лунной поверхности: системы светлых лучей, белые точки и темные пятна.

нам также разглядеть темную зеленовато-серую окраску «морей» и встречающиеся крупные различия оттенков этой окраски. Некоторые области представляются нам очень темными пятнами; сюда относятся прежде всего внутренние части некоторых крупных цирков, обладающих плоским дном, как, например, Платон; в иных цирках удается различить отдельные почти черные пятнышки. Вид этих областей, окрашенных в зеленоватый цвет без того однако, чтобы изменять их контуры, живейшим образом интересовал многочисленных наблюдателей. Казалось, что удавалось уловить изменения как размеров и очертаний, так и окраски; так же обстоит дело и с различными светлыми пятнами. Прежде чем разбираться более подробно в вопросе о реальности этих изменений, является вопрос о том, что мы знаем об устройстве лунной поверхности и о господствующих на ней физических условиях.

Природа и образования лунной поверхности. Общий облик поверхности Луны производит впечатление, что она представляет собою мир совершенно изрытый вулканическими явлениями. Оговоримся сейчас же, что эти явления должны были обладать силой, во много раз превосходящей все, что нам доводилось наблюдать у нас на Земле. Самые крупные земные кратеры обладают размерами порядка одного километра, в то время как образования лунной поверхности в сотни раз превосходят их по величине. Другие детали структуры равным образом указывают на то, что лунные цирки, повидимому, обязаны своим происхождением иным процессам, нежели те, которые создали земные вулканы. Эти последние были образованы материалами, накопившимися вокруг жерла кратера, тогда как лунные цирки представляют собою углубления, дно которых расположено ниже окружающих их областей. Следовательно, название «кратеры», прилагаемое к деталям лунной поверхности, неточно; оно может служить лишь для указания общего сходства этих образований, которые, будучи видимыми на большом расстоянии, похожи на кратеры.

Тем не менее не подлежит сомнению тот факт, что вулканизм играл на лунной поверхности важную роль. Но, подразумевая под вулканизмом всю игру внутренних сил, мы можем считать, что эти силы каким-либо образом породили некоторые явления, сходные с нашими вулканическими извержениями. Так и кажется, что эти силы повсюду оставили следы своего действия, видоизменяя поверхность,

производя подъемы, опускания, сборы и сдвиги отдельных ее участков друг относительно друга (рис. 78). Обо всех этих перемещениях красноречиво свидетельствуют весьма многочисленные трещины; следовательно, в этом допустимо

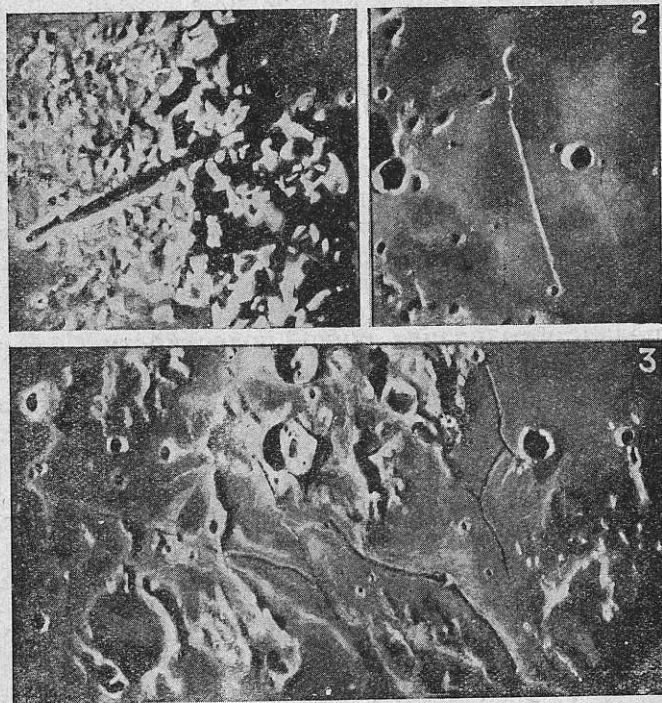


Рис. 78. Ущелья и бороздки лунной поверхности.

(1) Долина Альп. — (2) „Прямая стена“, отвесный обрыв в Море Облаков. — (3) Бороздки (трещины) области Гигинуса, на берегу Моря Паров.

видеть результаты мощного действия внутренних сил. Эти явления были рассмотрены Леви и Пюизе, предположившими наиболее приемлемую гипотезу* образования лунных

* За последние годы благодаря книге А. Вегенера, переведенной на русский язык под заглавием: «Происхождение Луны и ее кратеров» (Гиз, М. 1923), вновь получила широкую известность так называемая метеоритная гипотеза образования лунных цирков, не заслужившая тем не менее всеобщего признания. Вегенер произвел эффектные опыты получения моделей лунных цирков, бросая комки на тонкий слой цементного порошка, лежащий на твердом основании. *Прим. перев.*

цирков: значительные части лунной поверхности вспучивались в виде огромных пузырей, которые вслед за этим лопались, оставляя после себя только более или менее правильно очерченные кольцообразные края. На эти первоначальные образования вулканические силы продолжали действовать. В результате этого в наименее прочных местах, а именно прежде всего в центре, возникают другие образования; там воздвигаются конусы, быть может являющиеся настоящими вулканами. На больших цирках встречаются более мелкие, громоздящиеся один на другой и все уменьшающиеся по размерам; по мере этого уменьшения правильность их очертаний все возрастает, и они производят, так сказать, более «новый» вид (см. рис. 76). Вопреки некоторым наблюдениям, нуждающимся в дальнейших подтверждениях, вулканическая деятельность кажется в настоящее время совершенно прекратившейся.

Весь этот рельеф кажется не подвергавшимся никаким последующим изменениям после своего образования. На Земле мы видим, что рельеф ее поверхности был коренным образом видоизменен работой воды, которая повсюду размывая и разрушая горы, пробивала себе удобный путь. Ничего подобного мы не видим на Луне. Ни в горных цепях и массивах, ни на равнинах ее, нигде мы не видим извилистых долин, которые дали бы нам повод думать, что они были проложены по направлению к низменностям течениями каких-либо вод. По крайней мере при современных наблюдательных средствах с достаточной определенностью ничего положительного в данном направлении найдено не было. Свидетельствует ли это о том, что вода никогда не существовала на Луне? Обычно она играет существенную роль в качестве одной из причин вулканических явлений. Проникая под почву и испаряясь в недрах вследствие господствующего там жара, она способствует их усилению. Следовательно, мы можем предположить, что прежде вода имела на лунной поверхности, но что затем она исчезла в недрах лунного шара, не успев до этого сыграть своей непрестанной циркуляцией той чрезвычайно важной роли, которую она сыграла на Земле. Согласно этой гипотезе, серые равнины лунной поверхности не являются дном бывших высохших океанов, как это было предположено первоначально; из-за наличия на них мелких дегалей более рационально было бы считать эти равнины разлитиями вязкой массы, постепенно твердевшей на обширных площадях.

Таким образом, на этот раз мы имеем дело уже с вулканическими явлениями, аналогичными наблюдаемым на Земле. Такой взгляд позволил Леви и Пюизе объяснить также и происхождение светлых систем лучей, исходящих из некоторых центров; повидимому, они являются не чем иным, как отложениями вулканического пепла, отнесенными воздушными течениями.

До тех пор, пока не будет доказано противное, эта гипотеза представляется наиболее приемлемой из всех предложенных: гипотезы растрескивания почвы и заполнения образовавшихся трещин блестящими стекловидными веществами, гипотезы ударов, нанесенных огромными боидами, — чему порой приписывают и образование цирков в результате непрестанной бомбардировки подобного рода, — и т. д., и т. д.

Лунная атмосфера. Если Луна некогда обладала атмосферой достаточно плотной для того, чтобы в ней мог держаться вулканический пепел, относимый на далекие расстояния, то приходится предположить, что впоследствии она ее потеряла. Физические законы в состоянии дать объяснение этой потере.

Современные наблюдения не обнаруживают ничего, кроме весьма гадательных и притом совершенно ничтожных следов газового покрова, облегающего наш спутник. Ничто не затуманивает ясности, с которой мы видим ее поверхность; ни одного облака, ни одного тумана не было наблюдаемо непосредственно с достаточной достоверностью. Мы должны ожидать наиболее заметных явлений, порождаемых наличием атмосферы у краев лунного диска, где она по пути луча нашего зрения должна была бы обладать наибольшей толщиной. Во время солнечных затмений лунный край бывает очерчен с абсолютной резкостью и точки пересечения обоих дисков кажутся не подвергающимися каким-либо влияниям рефракции; следует, однако, отметить, что иногда казалось, что такие влияния все-таки существуют. Некоторые указания, полученные в пользу существования сильно разреженной газовой оболочки, по своему существу таковы же, как и полученные во время так называемых покрытий звезд Луною на ее пути среди них. В силу того, что звезды представляются точками, не обладающими заметными размерами, исчезновения их с одной стороны лунного диска и появления с другой его стороны должны происходить мгновенно; моменты

их, следовательно, могут быть отмечены весьма точно. И вот, разработка большого числа наблюдений показала, что в среднем существуют весьма небольшие систематические отклонения наблюдаемых моментов от моментов вычисленных; на основании этого была произведена попытка доказательства наличия весьма легкого отклонения световых лучей, происходящего в результате прохождения их сквозь весьма редкую атмосферу, плотность которой не может превышать $\frac{1}{900}$ плотности земного воздуха.

Однако здесь необходимо сделать оговорку. Эти наблюдения производились вблизи краев лунного диска, где контур образуется вершинами гор, громоздящимися одна за другой вследствие действия перспективы; благодаря этому они закрывают от наших взоров разделяющие их долины и равнины. Поэтому, когда Луна находится перед каким-нибудь светилом, до нас доходят только световые лучи, проходящие над горными вершинами, расположенными на краю лунного диска. В том случае, если атмосфера на Луне имеется, они могут пересекать только верхние ее слои; а они должны быть гораздо сильнее разрежены, чем газы в глубине долин и над низкими равнинами.

Поэтому некоторые астрономы допускают, что в низинах могут иметь место явления, обусловленные наличием достаточно плотного слоя атмосферы. Они объясняют этим изменения, наблюдавшиеся в темных и светлых пятнах, считая их полосами, образуемыми сыростью, или результатом последовательного таяния и замерзания инея, или же наконец даже некоторого рода растительностью (?). Однако, быть может, более правдоподобно полагать, что эти изменения (считая их реальными) являются простым эффектом контраста, вызываемого незначительнейшими различиями условий освещения лунной поверхности, точная структура которой нам ведь в общем неизвестна. Колебания температуры на лунной поверхности достигают огромных размеров. Атмосфера слишком разрежена, для того чтобы играть защитную роль, смягчая днем палящий зной солнечных лучей, а ночью потерю накопленной за день теплоты, быстро излучаемой в холодное мировое пространство.

Даже если мы смогли бы перенестись на этот мир — и дышать там в отсутствии воздуха, — мы все равно не смогли бы вынести таких колебаний температуры. Равным образом мы не смогли бы жить без воды, повидимому, навсегда покинувшей лунную почву. Все это заставляет нас думать, что

живые организмы, подобные существующим на Земле, не могли бы существовать на Луне. Существуют ли в этой чрезвычайно своеобразной среде какие-либо иные живые существа? Наука в современном ее состоянии бессильна дать на этот вопрос положительный или отрицательный достоверный ответ.

Удовлетворим по крайней мере хоть частично наше любопытство, представив себе в общих чертах те пейзажи, ко-



Рис. 79. Лунный пейзаж.

Детали поверхности резко очерчиваются в ярком свете, отражение которого достаточно сильно освещает части ее, находящиеся в тени. На совершенно чистом небе, на котором звезды видимы одновременно с Солнцем, Земля видима в виде огромной Луны.

которые представились бы взорам отважного путешественника, ступившего на поверхность Луны. Вследствие отсутствия атмосферы небо там всегда совершенно черно и звезды горят вокруг дневного светила. Последнее, подобно огромному пламенному шару, изливает на поверхность Луны жаркий свет. Горные цепи, профили которых похожи на профили земных гор, и края цирков, ярко освещенные, вырисовываются с ничем не затуманенной резкостью; нет ни туманов, ни испарений, которые, затягивая дали, делали бы расстояния ощутительными: задние планы рисуются так же отчетливо, как и передние. Нужно признать, что земной художник, попав на Луну, был бы несколько сбит с толку.

Вот что нужно представить себе, обозревая в бинокль или трубу это столь интересное светило.

Наблюдения Луны

Визуальные наблюдения. Наблюдения нашего спутника несомненно предпринять легче всего, обладая даже самыми скромными инструментами: про Луну можно сказать, что она общедоступна в смысле наблюдений. Самые слабые увеличения способны выявить главные детали ее поверхности. Ни одно другое небесное тело не находится в столь благоприятных условиях наблюдения.

Уже пользуясь простым театральным биноклем, мы можем составить себе представление о лунной топографии. Мы без труда разглядим главнейшие ее образования: крупные цирки, системы светлых лучей и обширные серые равнины. Следовательно, при помощи этого скромного оптического инструмента легко освоиться с общим видом лунной поверхности.

Полевые призматические бинокли или небольшие трубы, дающие увеличения в 10, 20 и 50 раз, будут очень полезны для общего, но уже более подробного ознакомления.

Пользуясь наибольшим из этих увеличений, можно будет достаточно хорошо разглядеть некоторые бороздки, как, например, бороздки Гигинуса или Аристарха, долину Альп и т. д. Эти три образования отмечены на прилагаемой карте (рис. 80) соответственно в точках *b* в Море Паров, *b* близ 57 и *c*. Кратеры или цирки покажутся нам бесчисленными, равно как и детали горных цепей. Ровная поверхность морей обнаружит свои неровности рельефа, отчетливо выступающие благодаря отбрасываемым ими теням. По этой причине для такого рода наблюдений наиболее благоприятны первая и последняя четверть лунных фаз. Стократное увеличение дает нам картины лунной поверхности во всем ее великолепии.

Наблюдая в трубы, дающие увеличения в 150, 200, 250 или 300 раз (когда это позволяет состояние атмосферы), мы будем прямо поражены несметным богатством деталей, вырисовывающихся на столь сильно пересеченной поверхности нашего спутника, особенно при благоприятном косом освещении.

Во время полнолуния благодаря прямому освещению (и в отсутствии теней) вид, представляемый этой ослепительно яркой поверхностью, совершенно отличен от вышеописанного. Глаз не различает ничего, кроме путаницы темных пятен, и зрелище лунной поверхности, потеряв значительную часть своей красоты, тем самым кажущимся обра-

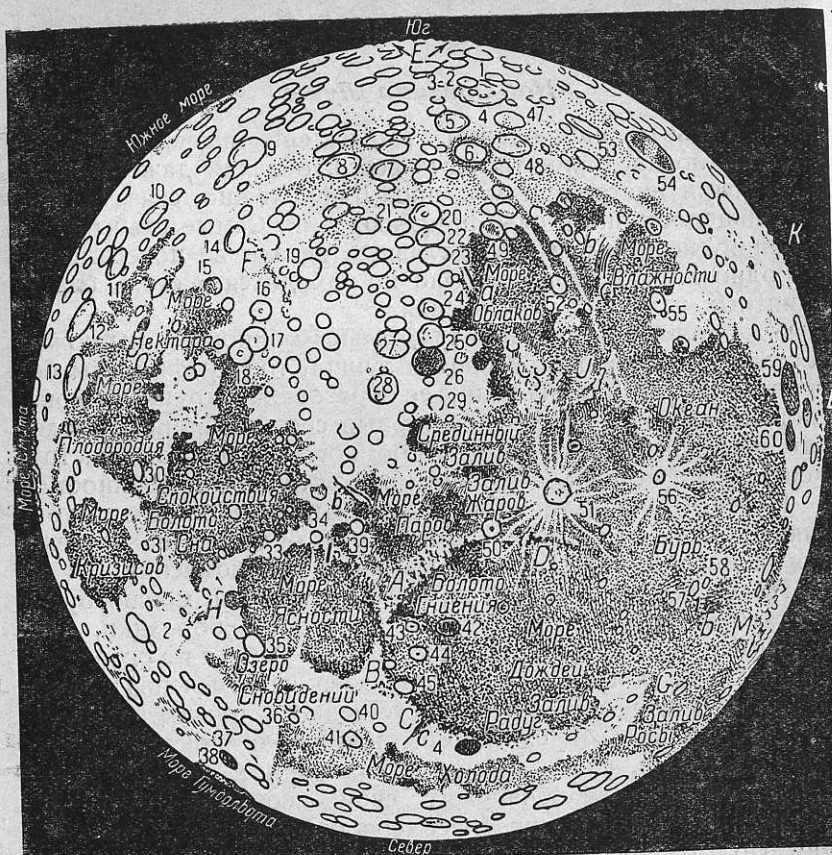


Рис. 80. Общая карта Луны, составленная Л. Рюдо.

Главнейшие цирки:

- | | | | |
|------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| 1. Ньютон. | 16. Катерина. | 31. Прокл. | 46. Платон. |
| 2. Морет. | 17. Кирилл. | 32. Клеомед. | 47. Лентомонтанус. |
| 3. Курций. | 18. Феofil. | 33. Плиний. | 48. Вильгельм. |
| 4. Клавий. | 19. Сакрабоско. | 34. Менелай. | 49. Питатус. |
| 5. Магинус. | 20. Вальтер. | 35. Посейдон. | 50. Эратосфен. |
| 6. Тихо. | 21. Алиацензий. | 36. Геркулес. | 51. Коперник. |
| 7. Штефлер. | 22. Региомонтанус. | 37. Атлас. | 52. Буддильальд. |
| 8. Мавролик. | 23. Пурбах. | 38. Эндимион. | 53. Шиллер. |
| 9. Жансен. | 24. Арзахель. | 39. Манилий. | 54. Шикард. |
| 10. Фурнерий. | 25. Альфонс. | 40. Евдокс. | 55. Гассенди. |
| 11. Петавий. | 26. Птолемей. | 41. Аристотель. | 56. Кеплер. |
| 12. Венделин. | 27. Альбатегний. | 42. Архимед. | 57. Аристарх. |
| 13. Лангрениус. | 28. Гиппарх. | 43. Автолик. | 58. Геродот. |
| 14. Пикколсмини. | 29. Фламарион. | 44. Аристилл. | 59. Гримальди. |
| 15. Фракастор. | 30. Тарунций. | 45. Кассини. | 60. Гевелий. |

Горы

- | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------|---------------------|
| A. Аппенины | Е. Дерфель и Лейбниц. | Н. Тавр. | К. Кордильеры. |
| B. Кавказ. | Г. Алтай. | И. Гемус. | Л. Горы д'Аламбера. |
| C. Альпы. | Г. Пиреней. | И. Рифей. | М. Герсиньены. |
| D. Карпаты. | | | |

Ущелья и бороздки:

a — Прямая стена.

bb — большие бороздки.

c — долина Альп.

зом понижает и интерес наблюдений. В действительности как раз наоборот, быть может именно в этих условиях и следует искать чего-нибудь «нового».

Инструменты, легко выдерживающие стократное увеличение, позволяют лучше различить подробности, чем инструменты более мелкие. Это объясняется тем, что, для того чтобы их хорошенько рассмотреть, необходимо очень яркое изображение, а для этого необходимо пользоваться не самым сильным окуляром. Наиболее целесообразно работать с увеличением немного меньшим среднего; например 100—120-кратным с трубами диаметром в 81, 95 и 108 мм и 50—75-кратным с трубами диаметром от 60 до 75 мм.

Располагая таким инструментом, возможно было бы предпринять отыскание и нанесение на карту белых или темных пятен, усеивающих лунный диск; при этом возможно было бы также отмечать возможные их изменения, о которых шла речь выше (стр. 125). Разумеется, такие поиски должны выполняться без предвзятых идей.

Несмотря на то, что все эти образования лучше всего видимы около полнолуния, полезно попытаться отыскивать те же области и в другое время, с тем чтобы независимо от поставленной задачи иметь возможность проследить изменения окраски и очертаний этих областей в зависимости от условий освещения.

Равным образом весьма интересно наблюдать покрытия лунным шаром звезд и в особенности планет; последнее явление повторяется гораздо реже первого.

Фотографирование Луны. Диск нашего спутника достаточно ярк, для того чтобы его изображение в фокусе объектива могло дать, практически говоря, моментальный снимок. Будем считать таковым снимок, производимый путем открывания и загоразивания объектива ладонью, производимого с возможно большей быстротой.

Изображения, получаемые в фокусе объектива, — за исключением тех случаев, когда работа производится не с помощью какого-нибудь крупного инструмента, — слишком малы, для того чтобы на них можно было распознать достаточное количество деталей. Видимый диаметр Луны обладает такими размерами, что его изображение получается диаметром во столько сантиметров, сколько метров составляет фокусное расстояние объектива. При работе с инструментами наиболее ходовых размеров, о каковых более по-

дробно уже шла речь, эти изображения обладают диаметрами от 5 до 15 мм; они представляют собой интерес главным образом в случае затмений, о которых будет сказано ниже. Если мы пожелали бы запечатлеть хотя бы в общих чертах характерные очертания поверхности этого интересного мира, то нам нужно было бы воспользоваться окулярным увеличением. Но в этом случае становится чувстви-



Рис. 81. Моментальная фотография Луны, произведенная объективом диаметром в 95 мм.

(Увеличение в 2,5 раза с оригинального снимка.)

тельным уменьшение яркости, особенно в фазах, далеких от полнолуния; во время же этой последней фазы Луна, освещенная спереди, обладает наибольшей яркостью. В среднем не следует увеличивать изображения больше чем в 3 или 4 раза, что уже обусловит возможность получения очень интересных снимков (рис. 81).

Однако в том случае, когда труба движется часовым механизмом, возможно будет попытаться получить более сильные увеличения, производя съемку с выдержкой в несколько секунд.

Мы быстро убедимся в неравномерности освещения лунного шара, на различные области поверхности которого, согласно закону освещения, солнечные лучи падают с неодинаковым наклоном. Вследствие этого граница света и тени (или, как ее называют,

терминатор) будет выходить недодержанной по сравнению с ярко освещенным краем лунного диска. На снимках неизменно обнаруживается значительная разница яркости этих частей. По этой же причине на моментальных снимках, произведенных точно в момент первой четверти, Луна выходит еще чуть-чуть серповидной — такой примерно, какой она была видима накануне. При выборе продолжительности экспозиции и способа проявления негатива необходимо сообразоваться с этими условиями,

Наблюдения затмений. Прежде чем расстаться с нашим спутником, нам осталось еще сказать о наблюдениях затмений, хотя, вообще говоря, эти явления и не относятся к физике лунного шара. Однако здесь, с определенной точки зрения, необходимо сделать исключение для солнечных затмений. С одной стороны, они позволяют великолепно различить силуэты гор, видимых у краев лунного диска, проектирующихся в этот момент на диск Солнца (рис. 99, стр. 162). С другой стороны, эти затмения могут наблюдаться в качестве частных с целью обнаружения эффектов возможного наличия лунной атмосферы. В этом случае внимание должно быть направлено на узкие рога незакрытого Луною солнечного серпа; в том случае, если бы имели место какие-либо проявления рефракции, эти рога утратили бы свои геометрически правильные очертания. Эти наблюдения могут производиться как с помощью темного стекла, приставляемого к окуляру, так и проектируя увеличенное изображение на экран.

Последний способ подробно описан в следующей главе, посвященной Солнцу.

Визуальные наблюдения лунных затмений. Эти явления необыкновенно красивы. Частичное или полное погружение Луны в тень Земли интересно проследить как невооруженным глазом, так и при помощи какого-нибудь инструмента.

Во всех случаях необходимо возможно более тщательно наблюдать определенные фазы этого явления, представляющие особый интерес; таковы, например, моменты начала погружения Луны сначала в полутень, а затем и в полную тень Земли. Особенно интересно отметить степень видимости Луны во время ее нахождения в полной тени и те оттенки, в которые она тогда окрашивается.

При наблюдении как простым глазом, так и в бинокль, а особенно в астрономическую трубу с самым слабым окуляром, лунное затмение являет собой великолепное зрелище*.

* Весьма ценны также наблюдения общей яркости затмившейся Луны при помощи театрального (галилеевского) бинокля (или астрономической трубы), приставляемого к глазам объективами, путем сравнения с яркостями окружающих звезд. При этих наблюдениях необходимо знать время с точностью до 1—2 минут. Более подробно этот способ наблюдения описан в составленной С. М. Селивановым инструкции для наблюдений лунных затмений, содержащейся в изданной Нижегородским кружком любителей физики и астрономии книжке «Затмения 1927 и их наблюдения». *Прим. перев.*

Фотографирование лунных затмений. Попутно с визуальными наблюдениями возможно и сфотографировать различные фазы затмения. Произведя это, мы могли бы отметить интереснейшие различия яркости, которые светочувствительная пластинка зафиксирует с величайшей точностью. Благодаря этому вступление в полутень может быть обнаружено еще прежде, чем оно станет ощутимым для нашего глаза. Равным образом мы убедимся в том, что в тот мо-

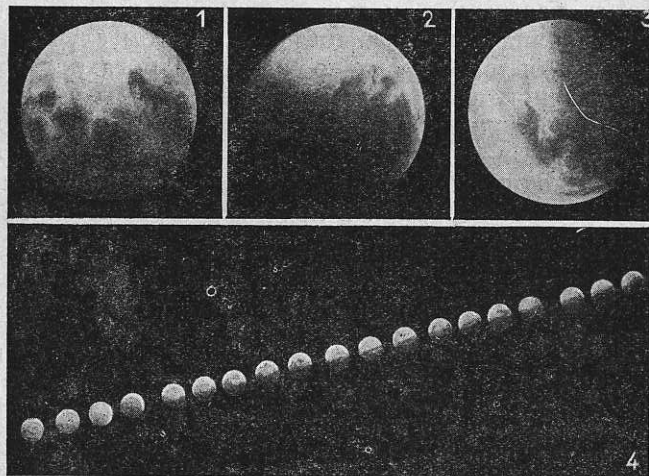


Рис. 82. Фотографии лунных затмений.

1 — погружение в полутень; 2 — частное затмение (погружения в тень);
3 — частное затмение, сфотографированное с помощью очкового стекла;
4 — последовательные снимки на одной и той же пластинке, произведенные неподвижным аппаратом.

мент, когда Луна покажется нашему глазу погружающейся в полную тень, фотография даст изображение, на котором она будет уже заметным образом затемнена. Различия получаемых яркостей могут прежде всего зависеть от способа съемки и от светочувствительности используемой пластинки. Если мы захотим получить снимок, соответствующий визуальному виду, мы должны работать с большой светосилой (зависит от объектива и в еще большей степени от продолжительности экспозиции).

Во всех этих случаях мы производим съемку так, как это было описано выше. Для производства таких фотографий весьма пригодны будут очковые стекла (использование

которых для сооружения астрономической трубы было рассмотрено нами выше); они могут дать превосходные результаты (рис. 82).

Обыкновенным фотографическим аппаратом или большой камерой, снабженной длиннофокусным объективом, мы можем благодаря кажущемуся движению небесной сферы получить целую серию снимков в виде четок, производя экспозицию через равные промежутки времени. На этих снимках удастся великолепно проследить постепенное погружение в земную тень и столь же постепенный выход из нее. Они напоминают кинематографическую ленту (рис. 82, 4). Полученные таким образом фотографии очень красивы и весьма поучительны, потому что они позволяют прекрасно проследить весь ход явления.

ГЛАВА ВТОРАЯ

СОЛНЦЕ

Когда мы смотрим на Солнце сквозь туман, поднимающийся над горизонтом в часы заката или в некоторые дни, когда оно просвечивает сквозь высокий туман или тонкие облака, умеряющие его ослепительную яркость, оно представляется нам огромным ярким диском без всяких пятен. Таким образом рассматривая дневное светило невооруженным глазом, мы приходим к заключению, что оно является совершенно однородной раскаленной сферой. Результаты же телескопических наблюдений убедят нас в том, что в действительности дело обстоит совершенно иначе. Однако прежде всего необходимо познакомиться с размерами этого пламенного шара, каковым нашему невооруженному глазу представляется Солнце.

Диаметр, объем и масса Солнца. Мы уже знаем, что расстояние от Земли до Солнца составляет в среднем 149 500 000 км. Для того чтобы видеть его на таком расстоянии в форме диска значительных размеров или, точнее говоря, для того чтобы видимый диаметр его составлял 32', необходимо, чтобы истинный его диаметр был весьма велик. Действительно, он равен 1 391 000 км, т. е. в 109 раз превосходит земной диаметр. При таком диаметре объем Солнца огромен; он превосходит объем Земли в 1 301 000 раз. Масса же его, напротив, только в 332 000 раз больше земной; следовательно, Солнце относительно легко. Однако, несмотря на это, оно является неограниченным властелином тех миров, которые его притяжение заставляет обращаться вокруг себя. И даже некоторые планеты, значительно превосходящие Землю по своим размерам, по сравнению с Солнцем кажутся весьма ничтожными (рис. 83).

Общий вид и вращение Солнца. На ослепительной поверхности этого шара, размеры которого только что были указаны, время от времени появляются темные пятна, равно как и светлые области, или факелы. Оба этих явления представляют значительный интерес по своим размерам и структуре.

Наличие пятен позволяет путем самых несложных наблюдений обнаружить вращение солнечного шара, совершающееся довольно медленно, а именно, в среднем в 25 суток. Это время вращения представляется нам несколько преувеличенным. Вращение совершается в том же направлении,

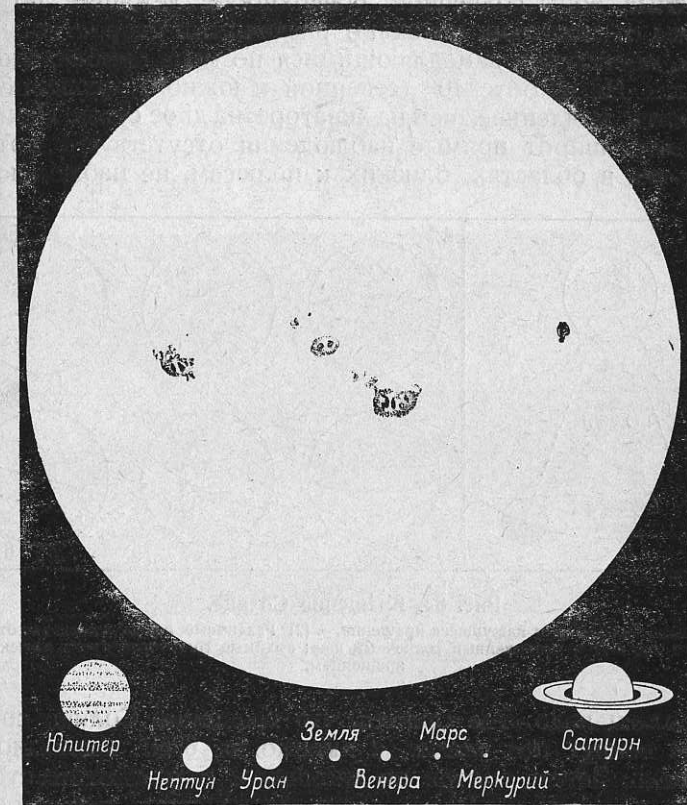


Рис. 83. Относительные размеры Солнца и больших планет.

как и движение Земли вокруг Солнца: за то время как Солнце совершит оборот вокруг самого себя, Земля продвинется по своей орбите (рис. 84 [1]). Благодаря этому какая-нибудь точка, замеченная нами на солнечной поверхности, может догнать нас, т. е. возвратиться в положение прямо против нас, только после некоторого добавочного поворота Солнца; совершенно также минутная стрелка часов, совер-

шающая полный круг по циферблату за один час, догоняет часовую стрелку только через каждый час плюс пять минут. Таким образом, истинное время вращения Солнца, составляющее 25 суток, кажущимся образом удлиняется до 27 суток, притом это вращение не совершается равномерно; различные зоны солнечной поверхности, лежащие по обе стороны от экватора, обладают различными скоростями вращения, постепенно замедляющимися по мере приближения к полюсам. На широте 40° (северной и южной) вращение совершается медленнее, чем на экваторе, на двое суток. Начиная же с этих широт прямые наблюдения отсутствуют, потому что пятна в областях, близких к полюсам, не наблюдаются.

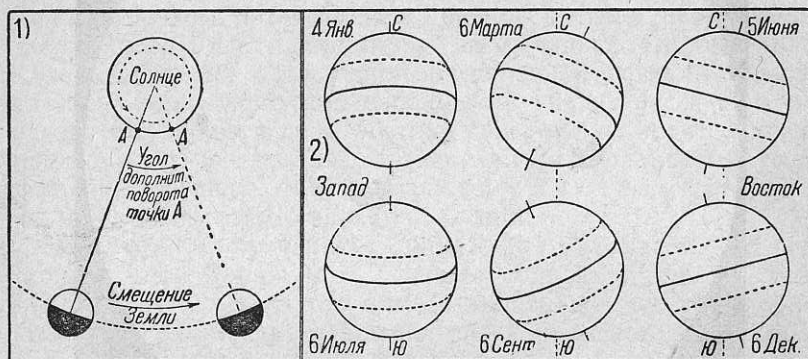


Рис. 84. Вращение Солнца.

(1) Истинное вращение и кажущееся вращение. — (2) Различные перспективные положения, в которых мы видим наклоненный солнечный шар; видимые траектории пятен, увлекаемых вращением.

Наконец надо еще сказать, что вращение Солнца совершается вокруг оси слегка, а именно на $6^\circ 58'$ наклонной к вертикали. Затем, смотря по эпохам, т. е. в зависимости от положения, которое Земля занимает на своем пути вокруг Солнца, его наклоненный шар открывается нашим взорам с разных сторон: пятна, увлекаемые вращением вследствие этого, кажутся совершающими криволинейные траектории, в разное время различно расположенные (рис. 84 [2]).

Таким рисуется общий вид Солнца в результате элементарных наблюдений. В действительности же это светило обладает весьма сложной структурой. Оно ограничено не той ослепительно яркой поверхностью, которую мы видим и которая носит название фотосферы. Над ней и притом на

значительную высоту простираются слои особого рода, являющиеся ареной значительных явлений. Эти слои — фотосфера с протуберанцами и корона — могут быть обнаружены только в особых условиях или же только с помощью специальных инструментов. Следовательно, мы не можем обозреть единым взглядом Солнца в целом. Каждая его часть видима или может быть изучаема только в некоторых определенных условиях, о чем мы сейчас и поговорим подробнее.

Фотосфера. Этот слой неоднороден. Производя наблюдения с достаточно сильным увеличением, мы убедимся в том, что он обладает зернистым строением, будучи образо-

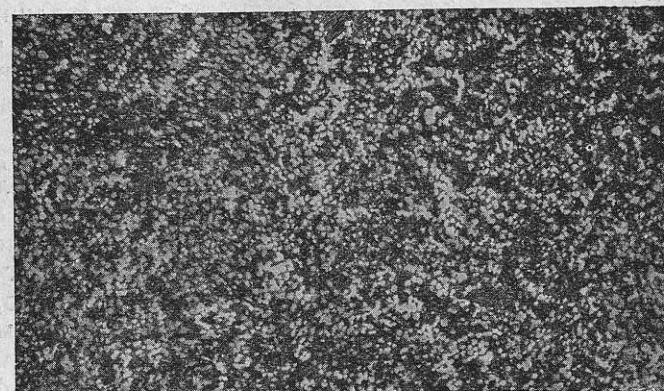


Рис. 85. Структура фотосферы: рисовые зерна или гранулы.

ван частицами неодинаковой яркости. Множество ярких точек, проектирующихся на относительно темный фон, придает фотосфере вид сетки, состоящей из неправильных петель. Фотография (рис. 85), еще более увеличивая этот контраст яркостей, великолепно рисует эту структуру. Яркие точки фотосферы были названы рисовыми зернами или гранулами; эти «зерна» в действительности обладают огромными размерами в 500—800 км. Наблюдая их с очень сильными увеличениями, мы увидим, что они в свою очередь состоят из более мелких зернышек.

Солнце представляется в центре своего диска более ярким, чем по его краям, и фотография способна выявить и еще более увеличить этот эффект. Это различие яркости,

выявляющееся на фотографиях с преувеличенной резкостью, имеет своей причиной слой газа, лежащий над фотосферой. Оно происходит благодаря поглощению световых лучей, испускаемых фотосферой, и проявляется тем сильнее, чем более длинный путь приходится им совершать через этот слой. Таким образом, свет, идущий к нам от краев солнечного диска, оказывается в большей степени поглощенным,

чем свет, идущий от центральных его областей (рис. 86).

Факелы и пятна.

Факелами называются блестящие области с длинными извилистыми отростками; особенно хорошо они видимы вблизи краев солнечного диска, где они резко выделяются благодаря относительному потемнению этих его частей. Вероятно, эти сверкающие массы располагаются выше элементов фотосферы; в этих условиях яркость их оказывается менее

Рис. 86. Общий вид Солнца: пятна, факелы и потемнение краев диска (фотография автора).

ослабленной вышележащими слоями, слой которых мы их видим.

Факелы представляют собою явления чрезвычайно изменчивые, так же как и пятна, являющиеся наиболее заметными образованиями фотосферы. Факелы и пятна тесно связаны между собою; чаще всего пятна зарождаются в недрах областей, занятых факелами.

Пятна бывают весьма разнообразными по своей форме и размерам. Однако они всегда состоят из нескольких очень темных ядер, окруженных широкой более светлой зоной или полутьмой, образованной цепями или рядами зерен, которые кажутся сходящимися по направлению к ядру в форме волокон. Некоторые пятна обладают весьма большой

правильностью очертаний; в них полутьма почти совершенно правильно повторяет контуры ядра; другие, напротив, бывают весьма причудливым образом изрезаны или расположены группами. Во всех случаях их более или менее сложная структура (расположением своих волокон и полутени, а также блестящих перемычек, подобно мостам, протягивающимся над ядрами) производит впечатление фантастических вихрей. В течение нескольких часов, а иной раз даже и еще быстрее, могут происходить глубокие изменения.



Рис. 87. Факелы и солнечные пятна.

(1) Факелы, видимые на краю диска. — (2) Структура пятна.

Предполагается, что пятна соответствуют участкам фотосферы, возмущенным внутренним давлением газов. Вследствие этого образуются своего рода вздутия, порождающие прежде всего факелы; эти образующиеся вздутия обнажают более глубокие и менее яркие слои. Менее яркие, в точном значении этих слов, потому что если эти области и представляются нам черными, то это происходит только вследствие контраста с невыносимой яркостью фотосферы и факелов. В действительности же темные ядра пятен ярче наших источников электрического света.

Пятна и особенно группы их порой достигают внушительных размеров: 100 000, 200 000 км и даже больше. Когда солнечное пятно достигает размеров всего лишь в 36 000 км, оно становится видимым невооруженным глазом. А так как

такие случаи повторяются достаточно часто, странным может показаться то обстоятельство, что самое их существование было установлено лишь после изобретения телескопа.

Эти образования подвержены сильным и быстрым изменениям. Продолжительность их существования весьма незначительна: от нескольких дней до нескольких недель, самое большее. Иногда удается заметить, что они меняют свои положения; эти собственные их движения не следует смешивать с движением их, обусловливаемым вращением солнечного шара.

Пятна образуются на поверхности Солнца не где попало, но, напротив, в весьма определенных зонах, а именно между 5° и 35° северной и южной широт с максимумом между 10° и 15° . Появление их за 40° -й параллелью (в обоих полушариях) считается явлением совершенно исключительным.

Наконец, несмотря на то, что по отдельности пятна оказываются недолговечными и капризно меняющими свои очертания, совершенно иначе обстоит дело с эпохами их появления, последовательность которых обнаруживает отчетливо выраженную периодичность. Максимумы, резко проявляющиеся в увеличении количества и размеров пятен, повторяются в среднем каждые 11,1 года. Между ними располагаются минимумы, во время которых на поверхности Солнца иногда по целым неделям не появляется ни одного пятна. Эти минимумы наступают не точно в середине промежутка между двумя максимумами. Падение от максимума к минимуму совершается медленно на протяжении шести с половиной лет, в то время как подъем от минимума к максимуму происходит быстрее, в четыре с половиной года. Разумеется, эти цифры дают только средние значения. Периодичность пятнообразовательной деятельности Солнца далеко неправильна; порой период сокращается до 7 лет, порой же растягивается до 15 или даже до 16 лет. Предполагается, что эти аномалии зависят от других более долгих и еще неизвестных нам периодов.

Хромосфера и протуберанцы. Уже было сказано, что Солнце ограничено не фотосферой, представляющей собою единственный слой, постоянно видимый простым глазом. Дневное светило простирает свои границы гораздо дальше в форме последовательных слоев, образующих мощную атмосферу, видимую только в особых условиях полных солнечных затмений. Луна, закрывая ослепительный солнечный

диск, тем самым погружает во тьму нашу земную атмосферу; тогда-то мы и получаем возможность видеть эти газовые оболочки, которые ярко освещенный воздушный покров скрывал от наших взоров. Равным образом возможно выделить и изучать их с помощью спектроскопа. Одним словом, мы узнаем Солнце во всей его совокупности только путем различных последовательных наблюдений, дополняющих друг друга.

Газовым слоем, лежащим непосредственно над фотосферой, является хромосфера, обладающая розовым цве-

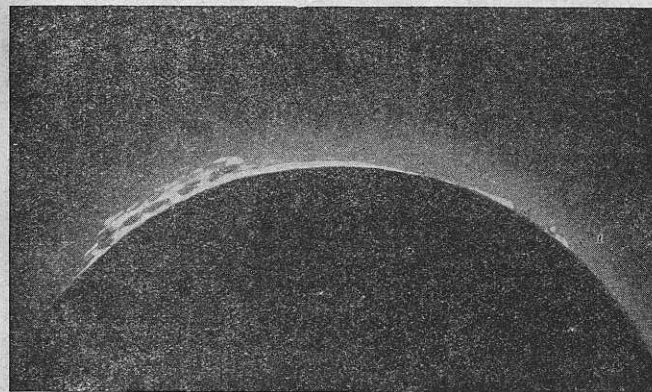


Рис. 88. Хромосфера и облакообразные протуберанцы, видимые во время полного солнечного затмения.

том и служащая ареной весьма значительных явлений вулканического характера — протуберанцев, обладающих причудливыми формами и огромными размерами. То в виде вертикальных струй, то в виде причудливо очерченных султанов, то в форме арок или массивных сводов — мы видим их поднимающимися на значительные высоты над солнечной поверхностью.

Протуберанцы могут быть разделены на две крупных категории: на протуберанцы облакообразные (рис. 88), распространяющиеся по сторонам, подобно обширным облакам или слоям тумана, и изверженные (эруптивные) (рис. 89), состоящие из металлических паров, раскаленные струи которых поднимаются порою выше 400 000 км. Эти образования обладают весьма быстро меняющимися

очертаниями, что свидетельствует о чрезвычайно быстрых движениях, происходящих в их недрах со скоростями, иной раз превышающими 100 км/сек. Частота их появления и изменения их размеров обнаруживают такую же периодичность, как пятнообразовательная деятельность Солнца. Таким образом, все эти явления представляются нам различными проявлениями одной и той же силы, возмущающей массу Солнца.

Хромосфера и протуберанцы становятся видимыми только в моменты полных солнечных затмений, когда Луна

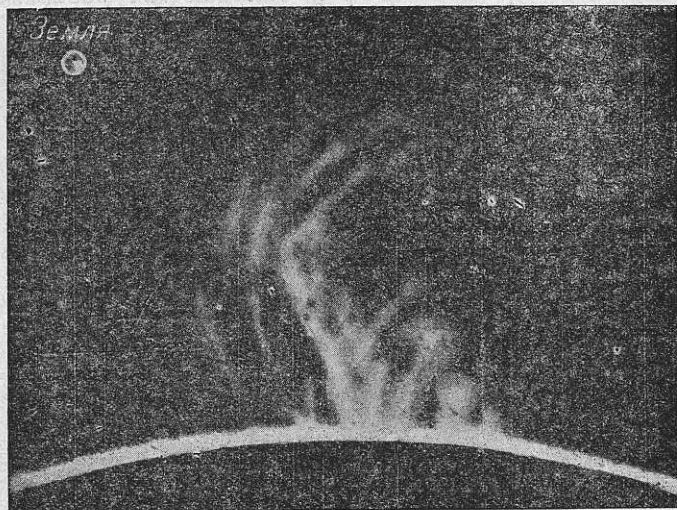


Рис. 89. Огромный эруптивный протуберанец высотой в 200 000 км.
(Фотография, снятая на обсерватории на горе Вильсона.)

закрывает ослепительный солнечный диск, но с помощью спектроскопа они могут изучаться когда угодно.

Попытаемся объяснить простыми словами принцип этого способа наблюдения. Проводя щелью спектроскопа по всей окружности солнечного диска, мы можем выявить все точки, в которых светят протуберанцы; этим приемом, примененным ко всей фотосфере, мы полоска за полоской воспроизведем форму и размеры протуберанцев. Тот же самый прием проведения щели, выполненный механическим приспособлением, позволяет получить автоматически интереснейшие фотографии. Распространенный на всю солнечную по-

верхность, как это впервые было выполнено одновременно во Франции директором Медонской обсерватории Деландром и в Америке Хэлом на обсерватории Иеркса, этот способ наблюдения, получивший название спектрогелиографического, дал исключительно интересные результаты; так именно удалось установить распределение после-

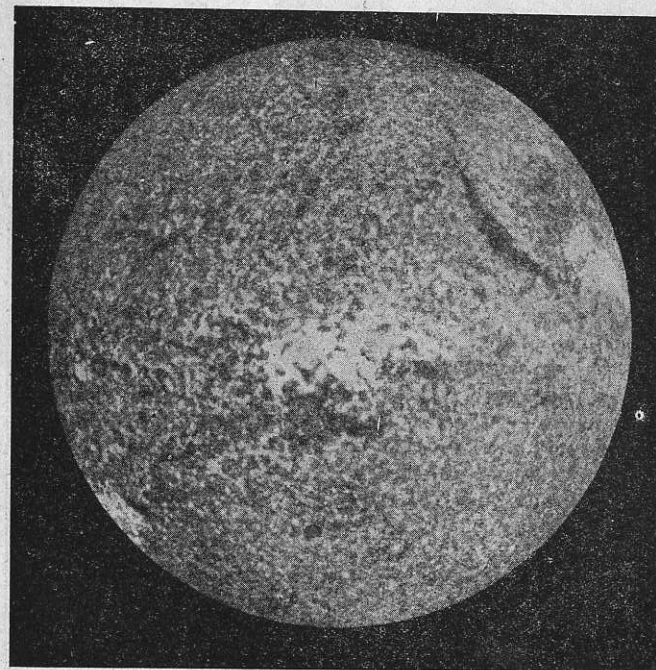


Рис. 90. Пары кальция в солнечной атмосфере.
Фотография, снятая в лучах кальция Деландром на Медонской обсерватории.

довательных слоев солнечной атмосферы; этим же способом удалось установить и состав паров и газов, их образующих, и в особенности расположение облаков, состоящих из паров кальция, известных под названием ф л о к к у л. Фотографии Солнца, полученные этим способом, совершенно непохожи на тот вид, который оно являет нашим взорам (рис. 90).

Солнечная корона. Подобная лучистому венцу, простирающемуся на миллионы километров вокруг Солнца, ко-

рона бывает видима только в редкие мгновения полных солнечных затмений. До сего времени все попытки (подоб-

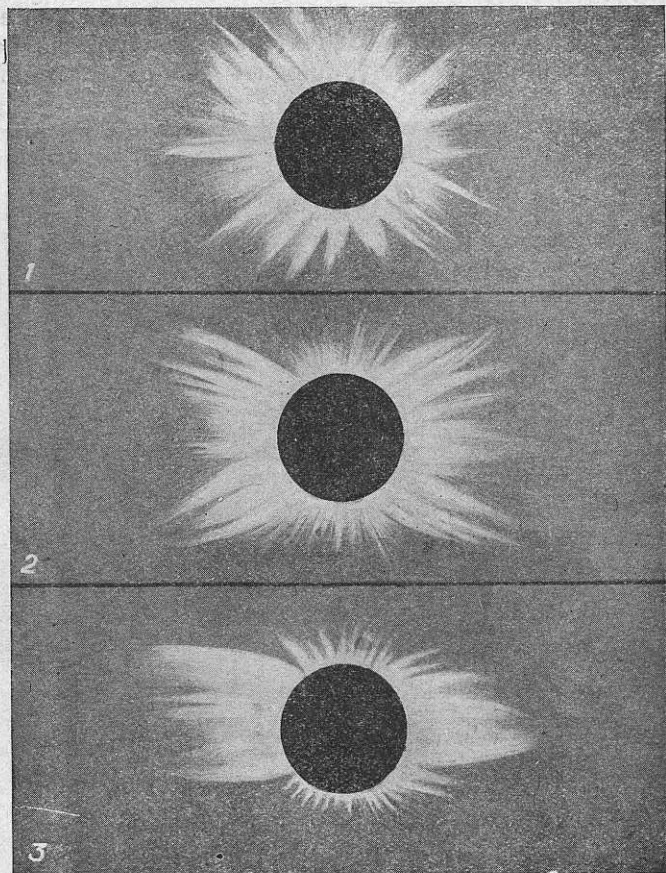


Рис. 91. Различные виды солнечной короны.

1 — эпоха максимальной солнечной деятельности; 2 — промежуточная эпоха; 3 — эпоха минимума.

ные непрямым способом наблюдения хромосферы и протуберанцев) увидеть ее вне затмений терпели неудачу*.

* В последние годы в этом направлении наметился благоприятный сдвиг благодаря работам французского астронома Лию, которому удалось

Корона облекает Солнце неравномерно; она образует яркое кольцо, от которого берут начало расходящиеся пучки прямых или изогнутых лучей, простирающиеся иногда на очень далекие расстояния. Хотя они и распространяются во все стороны от Солнца, эти лучи как бы с большей охотой располагаются около плоскости экватора, чем в направлении полюсов, где порой наблюдаются весьма обширные пробелы.

Изменениями своего вида (рис. 91), обнаруживающими периодичность, параллельную периодичности максимумов и минимумов солнечных пятен, солнечная корона обнаруживает свою зависимость от общей солнечной деятельности. Однако вид короны ничем не напоминает собой мощных переворотов, потрясающих фотосферу и хромосферу.

Строение и состав Солнца. Можно предполагать, что фотосфера представляет собою облака, состоящие из светящихся частиц, твердых или жидких. Точно узнать природу и механизм образования наблюдаемых в ней пятен затруднительно: одни из них, повидимому, являются прорывами, обнажающими менее яркое центральное ядро; другие следует рассматривать как перегретые области, светящиеся менее ярко вследствие того, что из них улетучились некоторые элементы фотосферы. Скорость образования и изменения пятен и факелов свидетельствует о том, что они соответствуют огромным переворотам, совершающимся в фотосфере, толщина которой оценивается примерно в 3000 км. Над ней, будучи тесно связанной с ее движениями, располагается хромосфера, состоящая из паров большинства известных нам металлов; толщина ее, повидимому, составляет в среднем от 25 000 до 30 000 км. Протуберанцы, вырывающиеся из нее, являются массами водорода и паров кальция, натрия, железа и магния.

Что же касается короны, облекающей Солнце снаружи, то она кажется состоящей из смеси чрезвычайно мелких твердых частиц, находящихся в раскаленном состоянии и газов, также раскаленных. Спектральный анализ обнаруживает присутствие в них железа, магния, титана, водорода, гелия и вещества, неизвестного у нас на Земле,

произвести удачные наблюдения солнечной короны вне затмений. Он достиг этого, наблюдая Солнце с помощью спектроскопа или поляриметра в рефрактор, в фокусе которого был помещен непрозрачный диск, закрывающий диск Солнца. *Прим. перев.*

названного коронием*. Во всех образованиях солнечной поверхности и в происходящих в них изменениях или, короче говоря, во всех проявлениях солнечной деятельности электрические явления, повидимому, играют существенную роль.

Яркость и температура Солнца. Итак, Солнце, центральное светило нашей планетной системы, представляет собою пламенный очаг, в котором происходят явления и перевороты невообразимой силы. Незначительнейший из этих катаклизмов захватывает пространство, превосходящее по размерам наш земной шар.

Различными способами пытались определить силу светового и теплового излучения Солнца; однако в силу того, что полученные результаты обнаружили весьма крупные расхождения, они не могут считаться окончательными. Тем не менее будет небезынтересно привести те из них, которые заслуживают наибольшего доверия. Что касается общей яркости Солнца, то она получилась равной 30 000 септиллионов** свечей!! Эта цифра превосходит наше воображение.

Относительно температуры дневного светила расхождение долго было чрезвычайно значительным: в истекшем столетии Пулье оценивал ее в 1500°, в то время как Секки считал ее равной 10 млн. градусов. Современные наиболее точные методы дают гораздо лучшее согласие. Они позволяют считать температуру фотосферы близкой к 6000° абсолютной температуры. Но это касается только внешнего слоя. Ученый шведский физик Сванте Аррениус показал, что температура повышается по мере приближения к центру светила, где она должна достигать 6 млн. градусов.

Как бы ни обстояло в действительности в этом отношении дело, излучение Солнца не представляет собою совершенно постоянного по своей величине явления. Недавние определения, произведенные главным образом Абботом, показали, что излучение Солнца, повидимому, претерпевает некоторые колебания, связанные с периодами пятнообразовательной его деятельности.

Влияния Солнца на Землю. Уже с древних времен пытались установить связь между явлениями, происходящими на Солнце, и теми переменами, которые мы испытываем на Земле.

* В последние годы все более склоняются к выводу, что «короний» представляет собой не новый химический элемент, а какой-то из уже известных, спектр которого в условиях, господствующих в солнечной короне, оказывается измененным до неузнаваемости. *Прим. перев.*

** Септиллион = 1 000 000 000 000 000 000 000.

Это представляется вполне логичным, потому что жизнь планетных миров поддерживается излучениями, которые дневное светило разливает вокруг себя мощным потоком.

Были произведены попытки установления прямой связи в частности между периодами пятнообразовательной деятельности и главнейшими метеорологическими явлениями, как, например, температурой и дождем. Если такая связь в общей совокупности фактов в действительности и существует, то она носит достаточно неопределенный характер. Благодаря этому до сего времени, пользуясь только произведенными наблюдениями, нам не удастся производить каких-либо предсказаний для определенных моментов времени*. Бесспорно, мы испытываем влияние колебаний солнечной деятельности, но ведь, например, пятна являются лишь одним из проявлений этой общей деятельности, ни характера, ни происхождения которой мы не знаем. Характер этой деятельности и следовало бы выяснить прежде всего, и лишь после этого попытаться установить точную причинную связь между этими явлениями и совокупностью метеорологических факторов.

Более четкая зависимость намечается между явлениями, происходящими на Солнце, и земным магнетизмом. Возмущения магнитной стрелки, полярные сияния, помехи при телеграфных и телефонных сообщениях наблюдаются в то время, как Солнце обнаруживает необычную активность, признаком которой служит наличие на нем огромных пятен.

Проблема влияний Солнца на Землю весьма сложна, и ее разрешение было бы чрезвычайно важным, что и оправдывает усилия многочисленных астрономов, работающих над нею.

Зодиакальный свет. Явление, известное под названием зодиакального света, повидимому, более или менее тесно связано с Солнцем; поэтому нам следует поговорить о нем прежде, чем покинуть пределы солнечного мира. Зодиакальный свет бывает видим по вечерам после заката или по утрам перед рассветом в виде конуса бледного света, который кажется нам поднимающимся от Солнца, находящегося под горизонтом, а наклон его показывает, что

* Теперь благодаря работам советских ученых это удастся сделать. М. С. Жуковым, изложившим результаты своих работ на I Всесоюзном астрономо-геодезическом съезде в Москве в январе 1934 г., был произведен удачный опыт долгосрочного прогноза осадков на территории Средней Азии методом солнечной активности. *Прим. перев.*

в пространстве он располагается в плоскости эклиптики. Это очень нежное сияние, обладающее слегка желтоватой окраской, является настолько сильно рассеянным, что почти невозможно определить его границы, особенно с той стороны, где оно незаметным образом теряется в высотах неба. Убывание яркости от основания к вершине или к краям не

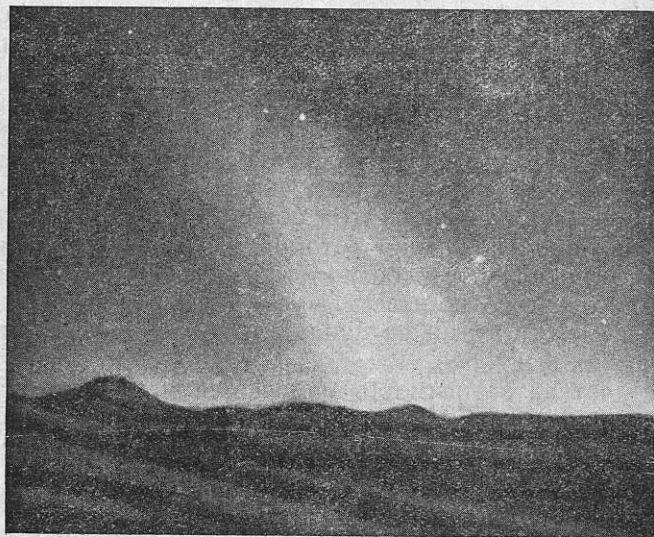


Рис. 92. Зодиакальный свет.

Это очень бледное сияние изображено здесь с преувеличенной яркостью и ясностью контуров с целью лучшего выявления характера этого явления и условий его наблюдения.

всегда происходит вполне равномерно: в определенных условиях удавалось различать как бы концентрические зоны различной яркости. Кроме того, наблюдались и изменения яркости.

Согласно наиболее правдоподобной гипотезе, зодиакальный свет обязан своим происхождением весьма мелким частицам, освещенным Солнцем, вокруг которого они образуют кольцо или чечевицеобразное скопление, видимое нами с ребра, т. е. в направлении наибольшей его толщины.

Мы еще не знаем, является ли зодиакальный свет явлением независимым от Солнца или составляющим часть его в качестве обширного продолжения внешних частей короны,

Наблюдения Солнца

Наиболее заметные явления, происходящие на солнечной поверхности, — пятна и факелы — могут изучаться с помощью самых небольших труб. Систематические же наблюдения протуберанцев, наоборот, требуют применения спектроскопа и такой установки, которая выходит за пределы нам доступного.

Для наблюдения солнечной поверхности могут применяться два способа: 1) способ окулярных наблюдений с помощью темного стекла, помещаемого между окуляром и глазом, и 2) путем отражения изображения на белый экран. Смотря по ставимым целям, оба метода наблюдения могут применяться как независимо друг от друга, так и один совместно с другим*.

Окулярные наблюдения. Этот метод позволяет лучше всего различить структуру пятен и тех внезапных явлений, которые могли бы в них произойти. Детали групп пятен и очертания наиболее крупных из них видимы в самые небольшие трубы и даже бинокли.

В трубу, дающую 100-кратное увеличение, структура возмущенных областей видна уже очень хорошо. Более сильные 150-кратные и 250-кратные увеличения (трубы диаметром в 75—108 мм) позволяют вести детальное изучение подробностей ядер и полутеней; одновременно можно будет отмечать движения и изменения, порой очень быстрые, сопутствующие образованию, развитию и распаду пятен.

Окуляры астрономических труб или телескопов обыкновенно снабжаются специальными темными стеклами. В том случае, если таких стекол не приложено, или когда вы сами сооружаете инструмент, купите синевато-черные стекла различной густоты окраски в соответствии с увеличениями, которые предстоит использовать. Работая с одной и той же трубой, но с двумя окулярами, из которых первый дает увеличение в 50, а второй в 100 раз, мы убедимся в том, что одно и то же темное стекло окажется непригодным; если оно будет достаточно темно, для того чтобы дать хорошее изображение с первым окуляром, то оно окажется слишком темным для второго, изображение даваемое которым значительно менее ярко. Следовательно, приходится иметь целый

* Тем читателям, которым краткие последующие указания покажутся недостаточными, рекомендуем книгу Н. И. Иванова «Наблюдения Солнца», Гиз, М.—Л., 1928. *Прим. перев.*

набор стекол различной густоты окраски, необходимая степень прозрачности которых определяется путем проб.

Необходимо отметить опасность растрескивания темного стекла, помещаемого в точку, где сходящиеся солнечные лучи вызывают значительное нагревание. Поэтому следует избегать слишком продолжительных наблюдений и время от времени давать инструменту охлаждаться.

Некоторые вспомогательные приборы, специально изобретенные для таких наблюдений ослепительного дневного светила, весьма полезны. Набор темных стекол различной густоты окраски может быть заменен системой двух клинообразных призм, из которых одна прозрачная, а другая темная. Их взаимное расположение таково, что лучи, проходя сквозь эту систему, несколько не отклоняются и не разлагаются, но более или менее сильно поглощаются в зависимости от толщины той части темной призмы, через которую они проходят. Передвигая этот аппарат перед окуляром, мы можем получить любую степень поглощения, что позволяет подогнать густоту окраски к ясности неба, к степени ослабления солнечного света во время близости его к горизонту и к силе окуляра.

Прибор, называемый окуляром Гершеля или гелиоскопом, состоит из призмы, которая путем отражения в окуляре пропускает в глаз наблюдателя только минимальное количество световых и тепловых лучей. Благодаря этому изображение может наблюдаться сквозь слабо окрашенные стекла; вместе с этим устраняется и всякая опасность того, что оно может лопнуть от жара.

Солнечные пятна лучше всего зарисовывать на черной бумаге белой акварельной краской или гуашью. Весьма практично пользоваться также и серой бумагой, подходящей по цвету к полутонам наблюдаемых явлений. Зарисовав первоначально ядра черной краской, удобнее и скорее можно изобразить всю возмущенную область, нанеся светлые полосы и факелы белой краской.

Проекционные наблюдения. Пользование этим способом не представляет никакой опасности и не сопряжено ни с какими неудобствами; однако он не позволяет так хорошо разглядеть наиболее мелкие детали, как способ окулярных наблюдений. Как показывает самое его название, описываемый способ состоит в проектировании изображения Солнца на белый экран, например на лист гладкого бristolского картона, помещенный на некотором расстоянии от окуляра

и удерживаемый в этом положении несложным приспособлением, которое легко смастерить (рис. 93).

В зависимости от силы инструмента и окуляра и от расстояния, на котором помещен экран, получаемое нами изображение будет обладать более или менее крупными размерами; путем ряда проб мы выберем размер, который покажется нам наиболее благоприятным для производства наблюдений.

Для того чтобы эта проекция была хорошо видима, экран не должен освещаться солнечными лучами, идущими

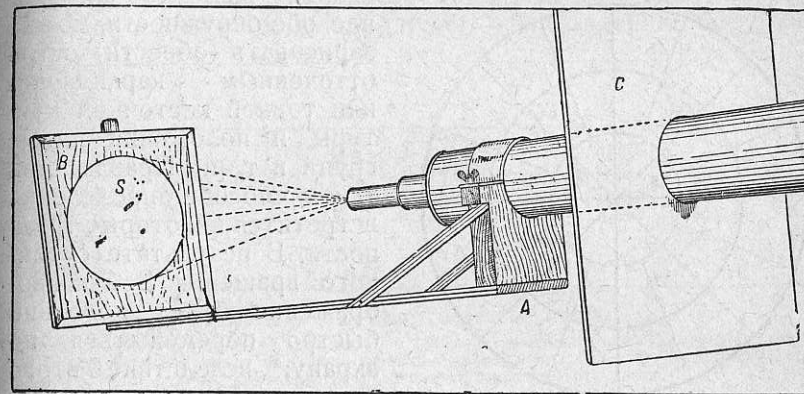


Рис. 93. Наблюдение Солнца проекционным способом.

А — доска, прикрепляемая к трубе металлическим обручем, стягиваемым болтами
В — белый экран, на который отражается изображение S Солнца; С — лист картона, загораживающий экран от прямого солнечного света.

мимо трубы. Для этого на корпус трубы надевается большой кусок плотного картона, отбрасывающий тень на экран, где телескопическое изображение вследствие этого сохранит свою ясность. В темном помещении при прорезывании трубы между плотными черными складчатыми занавесками изображение будет получаться настолько ярким, что ему можно будет придать значительные размеры. Будучи проектируемо на очень большой белый лист, оно приобретает замечательный вид и может рассматриваться одновременно многочисленными наблюдателями.

Следует отметить, что этот проекционный метод дает не опрокинутое изображение, как окулярные наблюдения, но перевернутое по сравнению с действительным расположением: левая сторона оказывается справа,

в то время как верх и низ сохраняют свое положение. Благодаря этому для сравнения рисунка, сделанного с экрана, с рисунком, сделанным путем окулярных наблюдений, первый из них надо перевернуть, или рассматривая его отражение в зеркале, или сняв с него копию на кальке.

Проекция обуславливает возможность удобного определения размеров, формы и положения деталей солнечной поверхности. Для этого на белой бумаге, предназначенной для экрана, предварительно чертится диск точно такого же размера, как и проектируемое изображение. Совмещая на-

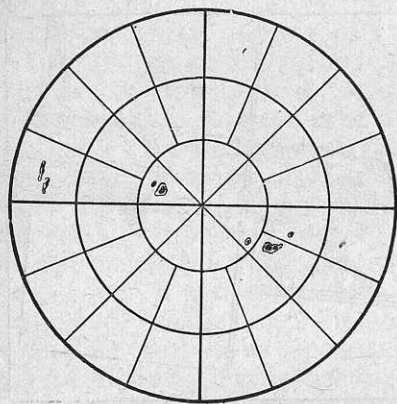


Рис. 94. Разделенный диск, на который проектируется изображение Солнца.

ван не параллактически и не снабжен часовым механизмом.

Кроме этой трудности следования за изображением Солнца, существует еще более крупная трудность, обуславливаемая сотрясением, сообщаемым аппарату при рисовании. Это легко может повлечь к значительным ошибкам. Для избежания описанных неудобств я придумал следующее средство: на экране чертится диск, разделенный на равные концентрические зоны и пересеченный равноотстоящими радиусами (рис. 94), образующими своего рода сетку, на которую и проектируются детали солнечной поверхности. В момент совпадения уже самый беглый взгляд покажет нам положение пятен и их размеры относительно делений диска. Рисунок выполняется на подобном же диске, на котором легко правильно воспроизвести расположение и размеры пятен. Для таких зарисовок достаточно одного

несколько возможно аккуратнее обе окружности, можно зарисовать (обвести) остро отточенным карандашом или тонкой кисточкой контуры и положения пятен, групп и т. п. Правда, при таком способе определения встретятся некоторые трудности. В результате суточного вращения Земли изображение будет довольно быстро перемещаться по экрану; вследствие этого приходится непрерывно следить за тем, чтобы оба диска совпадали в том случае, если инструмент монти-

разделенного диска, подкладываемого под кальку, на которых они выполняются.

Вернемся к движению изображения, о чем мы говорили раньше, как о неудобстве. С другой же стороны, это движение дает нам в руки ценное средство для определенной истинной ориентировки рисунка, что совершенно необходимо для сравнений и измерений. Оставляя инструмент неподвижным, мы отмечаем два достаточно удаленных друг от друга положения видимой траектории какого-нибудь небольшого пятнышка: линия, соединяющая оба этих положения, в точности соответствует направлению запад-восток, а линия к ней перпендикулярная — направлению север-юг.

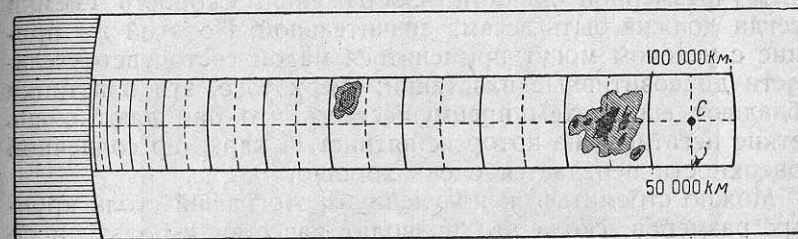


Рис. 95. Измерение солнечных пятен.

Шкала, начерченная на диске диаметром в 139 мм. Для производства измерений следует эту шкалу, перерисованную на кальке, наложить на рисунок, сделанный проекционным способом, совместив точку С с центром солнечного диска.

Проекционный метод позволяет, кроме того, производить оценку размеров пятен, что важно при работах статистического характера. Такие измерения легко производить с помощью диска, специально разделенного для этой цели. Диаметр Солнца равен 1 391 000 км; на диске диаметром в 139 мм каждый сантиметр будет соответствовать 100 000 км, в центре. Чертеж должен быть выполнен с учетом перспективного сокращения, обуславливаемого шарообразностью Солнца, как это показано на рис. 95.

Наконец также весьма важным статистическим элементом является определение положения пятен на солнечной поверхности по широтам и долготам.

Мы уже знаем, что вследствие наклона оси вращения Солнца, оно, смотря по времени года, рисуется нам в различной перспективе. Эти переменные элементы приходится учитывать. Путем соответственных графических построений мы можем получить искомые результаты с достаточной точностью; это будут диски, меридианы и параллели которых

нанесены с желаемым перспективным изгибом (диски Томсона, диски Морэ); эти диски образуют серии, отображающие главнейшие положения Солнца. Эти диски накладываются на разделенный экран, позволяющий точно ориентировать их по таблицам, указывающим их положения через каждые десять дней*.

Фотографирование Солнца. Для фотографирования Солнца могут употребляться те же инструменты, что и для фотографирования Луны. Но только в данном случае следует проявить особенную заботливость по поводу полной светонепроницаемости камеры.

Кроме того, нам придется бороться и с вредным влиянием чрезмерной яркости изображения. Скорость съемки всегда должна быть весьма значительной. По этой же причине с успехом могут применяться малой светочувствительности диапозитивные пластинки; сверх того, эти пластинки обладают еще и тем преимуществом, что они дают очень четкие негативы, на которых пятнистый характер солнечной поверхности передается очень хорошо.

Можно стремиться к получению фотографий столь крупных размеров, сколь это позволят качества используемого инструмента; особенно следует стараться достичь этого при фотографировании отдельных участков солнечного диска с целью выяснения деталей групп пятен или факелов.

Для достижения хороших результатов необходимо иметь затвор, работающий с большой скоростью и безотказно (см. стр. 80). Ввиду тонкости и некоторой капризности этих механизмов мне показалось интересным поискать более простой способ фотографирования, позволяющий обходиться без них.

Снимок с очень малой экспозицией может быть произведен с помощью большого и плотного картонного экрана с прорезанной в нем щелью. Его следует держать рукой перед объективом, перед которым проводят щель быстрым и уверенным движением (рис. 96). Экран этот должен быть достаточно велик для того, чтобы избежать нечаянного открывания объектива. Приделанные к нему круговые борта

* В составленной В. В. Шароновым инструкции для наблюдений Солнца, содержащейся в постоянной части Русского астрономического календаря, описывается другой способ определения положения пятен на солнечной поверхности. Для этого нужно использовать единственную приложенную к инструкции прозрачную сетку и затем в полученный результат ввести поправку по содержащимся в инструкции таблицам. *Прим. перев.*

позволят удержать его на месте, надевая его на трубу, как крышку, во время приготовлений к съемке и после ее производства. Ширина щели должна быть несколько больше диаметра диафрагмы, которой снабжен объектив, для того чтобы значительно ослабить яркость изображения. Отверстие объектива будет этим самым уменьшено до 0,1 его диаметра при фотографировании в самом фокусе, что можно производить при достаточной длине фокусного расстояния, равного по меньшей мере 1 м; в этих условиях изображение

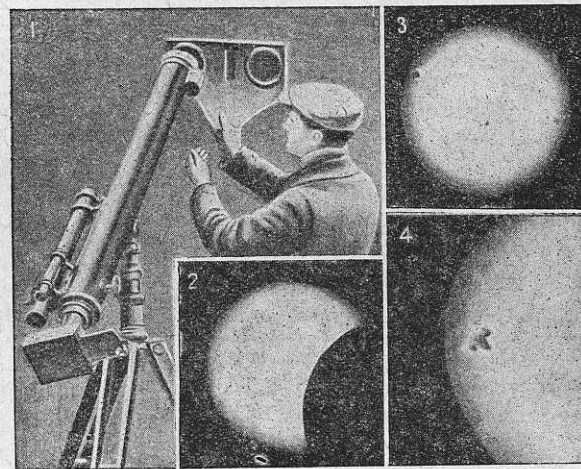


Рис. 96. Простой способ фотографирования Солнца.
(1) Применение щелевого затвора перед объективом. — (2), (3), (4) Увеличения, полученных таким образом фотографий: затмение, пятна факелы. (Фотография автора.)

диаметром в 1 см уже очень хорошо покажет главнейшие пятна и общий вид солнечного диска. Трубы диаметром от 95 до 108 мм дают изображения диаметром от 14 до 16 мм, детали которых заслуживают внимания.

Фотографируя вышеописанным способом, рекомендуется пользоваться возможно менее чувствительными пластинками; кроме того, они должны обрабатываться очень медленно действующим или же сильно разбавленным водю проявителем. Таким образом удастся получать очень резкие негативы, на которых хорошо видны пятна и факелы, отчетливо выявляемые соответственным подбором продолжительности экспозиции или силы и крепости проявителя. Такие

снимки выдерживают большие увеличения и тем самым позволяют получать с них отпечатки, на которых возможно производить интересные измерения.

Наблюдения солнечных затмений. Поясним прежде всего термины, употребляемые для обозначения последовательных фаз затмения. **Контактами** называются моменты, в которых края лунного диска касаются краев солнечного диска в различных точках, смотря по характеру затмения, эти термины относятся к положениям неодинакового вида (рис. 97).

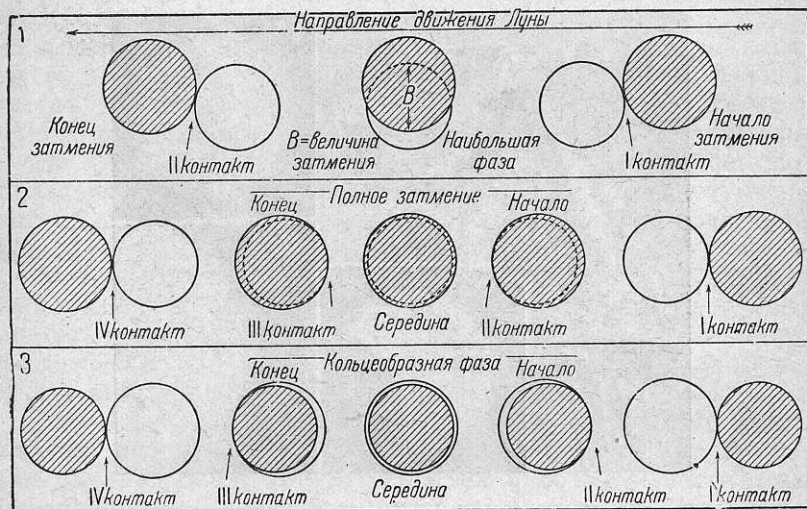


Рис. 97. Различные случаи солнечных затмений; последовательные фазы.
(1) Частное затмение. — (2) Полное затмение. — (3) Кольцеобразное затмение.

Для того чтобы отметить величину затмения, диаметр Солнца всюду условным образом положен равным 1. Величина частного затмения равна части солнечного диаметра, закрываемой Луной в момент наибольшей фазы и выраженной в тысячных долях этого диаметра. Так, например, говорят, что величина затмения равна 0,127 или 0,875. Величина, равная единице, обозначает, что затмение в точности полное и что диски обоих светил обладают одинаковым видимым диаметром. Однако при некоторой продолжительности полной фазы диаметр Луны превосходит диаметр Солнца: тогда говорится, что величина затмения равна, например, 1,02 или 1,03. Середина полного затмения

соответствует наибольшей фазе его. Этот же термин может применяться к середине кольцеобразного затмения; в последнем случае даваемая цифра соответствует видимым размерам лунного диаметра, меньшего, нежели солнечный диаметр (например 0,980); отсюда можно вывести ширину светлого кольца, оставшегося видимым. Последовательные фазы затмений видны невооруженным глазом, защищенным простым стеклом, закопченным на пламени свечи.

Но, разумеется, фазы затмений более интересно наблюдать с помощью какого-нибудь инструмента или проекцион-

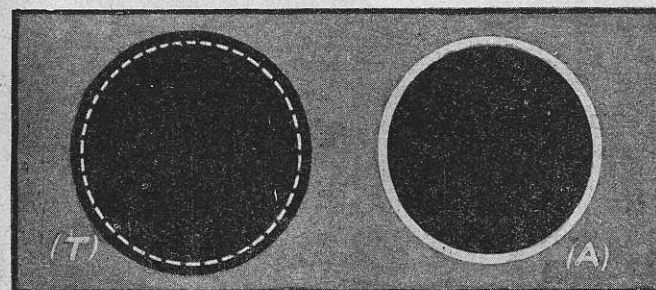


Рис. 98. Разница диаметров Солнца и Луны (последняя изображена черной) в случае максимальной величины полного затмения (Т) и кольцеобразного затмения (А).

ным способом, или через окуляр. Мы уже отмечали, что особое внимание следует обратить на правильность очертаний рогов фазы. То же замечание может быть распространено и на наблюдение тонких деталей пятен в момент пересечения их краем лунного диска. Такое положение равным образом позволит воочию убедиться в том, что ядра этих пятен в действительности не столь темны, как это обычно кажется; они представляются достаточно светлыми по сравнению с совершенно темным лунным диском*.

Полное солнечное затмение представляет собою зрелище исключительной красоты, производящее самое сильное впечатление.

* Составленная В. В. Шароновым инструкция для наблюдений частного солнечного затмения и список солнечных и лунных затмений в 1927—1945 гг. содержится в изданной Нижегородским кружком любителей физики и астрономии книжке «Затмения 1927 и их наблюдения». Прим. перев.

Перед наблюдением этого явления выгодно поместиться в относительной темноте, с тем чтобы сообщить глазу всю его чувствительность; правда, при этом последовательные фазы частного затмения пропадут для наблюдений, но мы выгадаем, сумев лучше рассмотреть великолепную картину полной фазы. Общий вид полного солнечного затмения ввиду значительных его размеров лучше всего наблюдать невооруженным глазом. На долю же работы с инструментом придутся наблюдения деталей хромосферы и протубе-

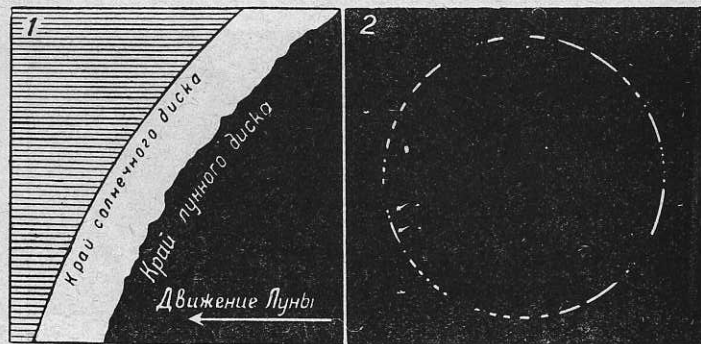


Рис. 99. Затмение Солнца: появление четок Бейли.

1. Горы, выступающие за край Луны, проектируются на Солнце. — 2. В момент полного затмения контур Солнца, изрезанный неровностями лунного диска, приобретает вид светящейся цепочки.

ранцев, видимость которых начинается с самого того момента, когда Луна закроет последнюю яркую полосу солнечного края. В этот момент он приобретает вид своего рода цепочки, состоящей из светлых пятнышек неодинаковых размеров и носящей название четок Бейли. Этот вид обуславливается горами, высющимися на краю лунного диска и позволяющими видеть последние участки солнечного диска между их вершинами (рис. 99).

Едва ли нужно специально указывать на ценность фотографии в этих условиях. Фазы частного затмения фотографируются способом, указанным выше при описании фотографирования Солнца. Фотографирование же солнечной короны, видимой во время полной фазы, вследствие ее сравнительно малой яркости требует применения весьма светосильных объективов, пластинок высшей чувствительности или съемки с некоторой выдержкой. Визуальные наблюдения

короны сопровождаются зарисовкой, которая должна быть выполнена очень быстро, т. е. в несколько минут или даже меньше; предвидя необходимость такой спешности наблюдения, рекомендуется приобрести к нему некоторую подготовку, упражняясь в срисовывании рисунков и фотографий солнечной короны.

Кроме этих наблюдений самого Солнца, нужно произвести еще и многочисленные другие наблюдения; надо определить ослабление солнечного света, которое становится весьма значительным, когда величина затмения достигает 0,800, и проследить изменение метеорологических элементов и влияние затмения на животных и растения.

Наблюдения зодиакального света. Вследствие больших размеров и вида зодиакального света наблюдения его невооруженным глазом до сего времени представляют собой единственный способ, давший положительные результаты.

Наши умеренные широты мало благоприятны для наблюдения этого явления на всем его протяжении. Оно лучше видно на ясном небе южных широт или больших высот. Как общее правило, действительное в наших широтах, зодиакальный свет слишком слаб, для того чтобы его можно было увидеть, не приняв предварительно некоторых мер предосторожности, сводящихся главным образом к необходимости держаться вдали от всех источников искусственного света; благодаря этому зодиакальный свет, практически говоря, видим в наших широтах только в деревне или на берегу моря. Для вечерних наблюдений наиболее благоприятны месяцы февраль, март и апрель. Положение, занимаемое зодиакальным светом на небесной сфере, обуславливает собою то обстоятельство, что в это время года он круто поднимается над горизонтом; благодаря этому он лучше отделяется от последних проблесков зари и остается дольше видимым ночью. По аналогичным причинам он после этого может быть видим только осенью с августа по октябрь, но тогда уже по утрам перед зарей.

Наблюдения будут состоять в отметке протяженности и формы и в оценке яркости этого явления; кроме того необходимо производить записи условий наблюдения, отмечая степень прозрачности атмосферы, наличие лунного света или искусственного освещения, понижающего видимость. Протяженность и форма легко могут быть оценены с помощью звезд, используемых в качестве точек, положения которых нам известны. Что же касается яркости, а главным образом

желтизны окраски (иногда усиливающейся) этого сияния, то они легко могут быть оценены путем сравнения их с яркостью и белизной Млечного Пути, видимого в эти же времена года.

В заключение заметим, что это весьма рассеянное и слабое сияние лучше видимо косым взглядом, чем прямым. Центр глаза, утомленный постоянной работой, обладает меньшей чувствительностью, чем периферия. Благодаря этому, глядя не прямо, а несколько вкось, мы в конце концов сможем разглядеть бледные световые пятна, могущие остаться незамеченными прямым взглядом.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПЛАНЕТЫ

Планеты представляют собою ряд миров, несмотря на родственное их происхождение, обнаруживающих весьма заметные различия. Мы уже познакомились с тем, как эти планеты обращаются вокруг Солнца, и где мы их видим в пространстве.

Прежде чем описывать их по отдельности, сравним их между собой. По сравнению с Землей, которую мы считаем огромной по нашим впечатлениям, одни планеты очень малы, а другие колоссальны. Читатель вспомнит, что он уже видел их изображенными рядом с Солнцем (рис. 83). Пропорции этого рисунка прежде всего поражают нас незначительностью их по сравнению с центральным светилом. Для того чтобы лучше оценить их относительные размеры, их следует изобразить отдельно в достаточно крупном масштабе (рис. 100 [1]).

В зависимости от их истинных диаметров и расстояний, на которых они от нас находятся, планеты обладают видимыми диаметрами, относительные размеры которых могут быть оценены по рис. 100, [2]; на нем изображены наибольшие диаметры, соответствующие наиболее близкому положению каждой планеты к Земле. В силу весьма неодинаковых размеров орбит Земли и остальных планет расстояния их от нее и видимые их диаметры претерпевают весьма сильные и притом неодинаковые изменения. Изучая каждый из этих миров по отдельности, мы убедимся в том, что эти элементы играют важную роль при телескопических наблюдениях.

Солнце и планеты изображаются следующими знаками:

Солнце	Меркурий	Венера	Земля	Марс
☉	☿	♀	♁	♂
Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
♃	♄	♅	♆	♇

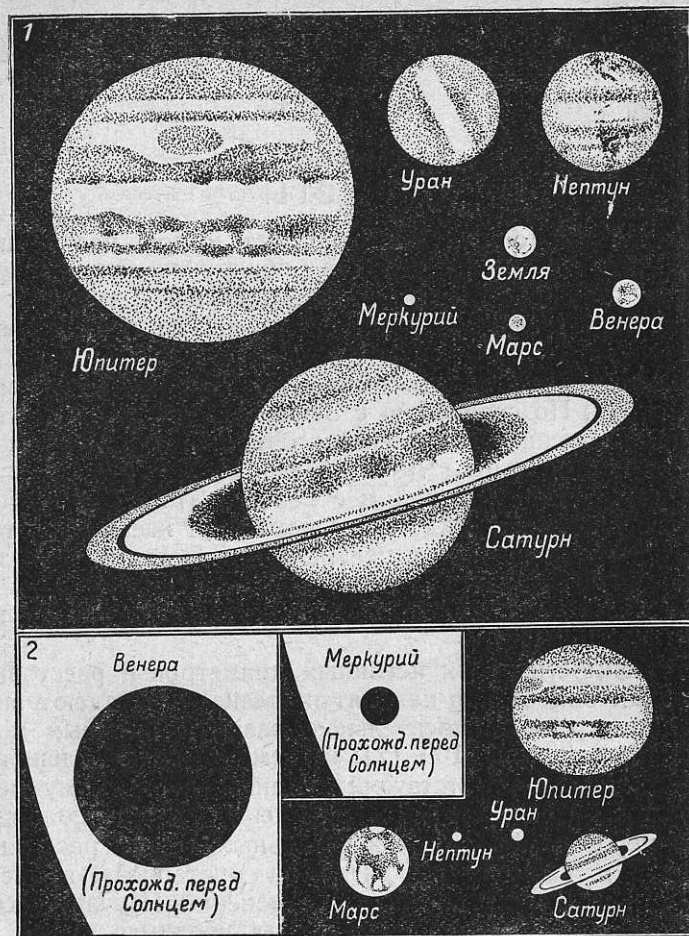


Рис. 100. Относительные размеры планет.

(1) Сравнение истинных диаметров главных планет. (2) Сравнение видимых диаметров планет (максимальные размеры их, соответствующие наибольшей их близости к Земле).

Планета Меркурий

Орбита и движения Меркурия. Меркурий движется по сильно эллиптической орбите, приближающей его к Солнцу на 45 500 000 км в перигелии и удаляющей его от него на 69 млн. км в афелии.

В первой части этой книги мы уже познакомились с тем, что эта планета при взгляде с Земли вследствие перспективы кажется совершающей своего рода качания с одной стороны Солнца на другую. В моменты этих элонгаций он бывает удален от него на угол, колеблющийся от 17 до 28° вследствие неодинакового расстояния от Солнца, о чем речь шла выше (рис. 101 [1]). При суточном движении небесной сферы он, следовательно, или немного отстает от Солнца, или несколько опережает его; разница эта не превосходит 2" 15". Поэтому Меркурий бывает видим только

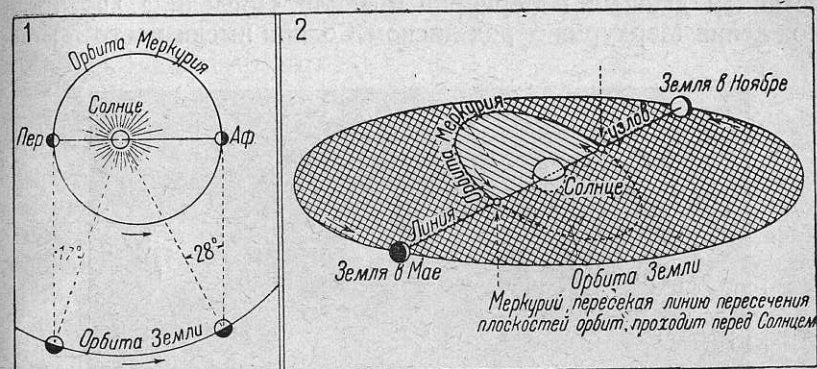


Рис. 101. Движение Меркурия.

1. Неодинаковые величины элонгаций. — 2. Условия прохождения перед Солнцем; эти явления могут происходить только тогда, когда Меркурий и Земля находятся на линии узлов, т. е. на пересечении плоскостей их орбит.

вблизи горизонта во время вечернего или предраассветного тумана.

Меркурий движется очень быстро, совершая полное обращение по своей орбите в 87^d 23["] 56["]. Это движение, сочетаясь с движением Земли, происходящим в том же направлении, кажущимся образом несколько замедляется. Тем не менее скорость видимого движения этой планеты такова, что период видимости ее, имеющий место только вблизи элонгаций, ограничивается немногими днями; до и после этого, ближе к соединениям (нижнему и верхнему), Меркурий бывает невидим, теряясь в лучах Солнца.

Если бы орбиты Земли и Меркурия были расположены точно в одной плоскости, то в каждое нижнее соединение мы должны были бы видеть планету проходящей перед диском Солнца. В действительности же дело обстоит

совершенно иначе, потому что орбита Меркурия наклонена к земной орбите на 7° . Благодаря этому планета обыкновенно проходит или над Солнцем или под ним. Прохождения перед диском Солнца могут иметь место только тогда, когда соединения происходят вблизи пересечения плоскостей обеих орбит (рис. 101 [2]). Эти явления всегда происходят в мае или в ноябре (т. е. в то время, когда Земля находится вблизи того или другого конца линии пересечения плоскостей орбит) и повторяются через интервалы в 13, 7, 10, 3, 10 и 3 года. Такая последовательность обусловливается сочетанием движений Меркурия и Земли. Последние два прохождения Меркурия перед диском Солнца имели место 7 мая

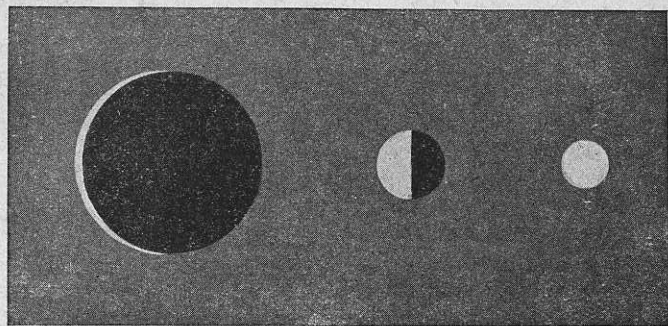


Рис. 102. Изменения видимого диаметра Меркурия.

1924 г. и 8 ноября 1927 г.; следующие два прохождения произойдут 10 мая 1937 г. и 12 ноября 1940 г.

Во время прохождений Меркурий бывает видим как черный диск, проходящий перед дневным светилом: он обладает наибольшим видимым диаметром, потому что этот момент соответствует наибольшей близости обеих концентрических орбит.

Вне нижних соединений, смотря по его положениям, мы видим шар Меркурия все более и более уменьшающимся по своим размерам и проходящим при этом цикл фаз, происхождение которых было объяснено на странице 40. Изменения диаметра в зависимости от положения Меркурия относительно Земли и соответствующие этим положениям фазы в правильной пропорции изображены на рис. 102.

Элементы Меркурия. Даже в моменты наибольшей своей близости Меркурий представляется нам очень маленьким светилом. И в действительности он обладает диаметром всего лишь в 5140 км; это только немного более трети земного диаметра, в силу чего объем Меркурия в 20 раз меньше объема Земли.

Но если Меркурий является наименьшей из больших планет, то в то же время он является планетой пропорционально наиболее тяжелой. Удалось вычислить, что средняя плотность веществ, составляющих его шар, равна 6,3, тогда как средняя плотность (удельный вес) Земли равна 5,5. Как мы увидим впоследствии, остальные планеты обладают значительно меньшими плотностями.

Трудности, с которыми приходится встречаться при регулярных и точных наблюдениях Меркурия, повлекли за собой невозможность определения времени его вращения вокруг оси. Некоторые астрономы придерживаются мнения, что это время вращения равно приблизительно 24 часам, как и время вращения Земли. Другие, вслед за Скиапарелли, высказавшим этот взгляд * впервые, утверждают, что это вращение происходит весьма медленно и по своей продолжительности совпадает с периодом обращения планеты вокруг Солнца; а это значит, что Меркурий неизменно обращен к дневному светилу одною и тою же стороною (как Луна к Земле).

Этот же недостоверный характер наблюдений не позволил определить и наклонения оси, вокруг которой это вращение происходит.

Вид и строение Меркурия. На поверхности этой планеты вырисовываются какие-то крупные образования, о природе которых пока нельзя сказать ничего определенного. Телескопические наблюдения обнаруживают наличие темных пятен, некоторые из которых очень резки и на первый взгляд несколько похожи на серые области, видимые на лунной поверхности. Детальные наблюдения затруднительны, потому что в то время, когда фаза позволяет видеть достаточную часть поверхности планеты, она, будучи удалена весьма сильно, имеет весьма незначительные размеры.

Несмотря на то, что большие темные области видимы легко, рисунки их, сделанные различными наблюдателями, обнаруживают между собою недостаточное сходство.

* В настоящее время этот взгляд является общепринятым. *Прим. перев.*

Тем не менее эти пятна кажутся вполне постоянными, т. е. принадлежащими к структуре самой поверхности Меркурия*. А несходство рисунков, повидимому, обуславливается почти всегда неблагоприятными условиями наблюдений, дурно отражающимися на качестве телескопических изображений.

Неровности, наблюдаемые вблизи границы фазы (терминатора), указывают на то, что поверхность Меркурия, повидимому, весьма неровная; по моим личным наблюдениям

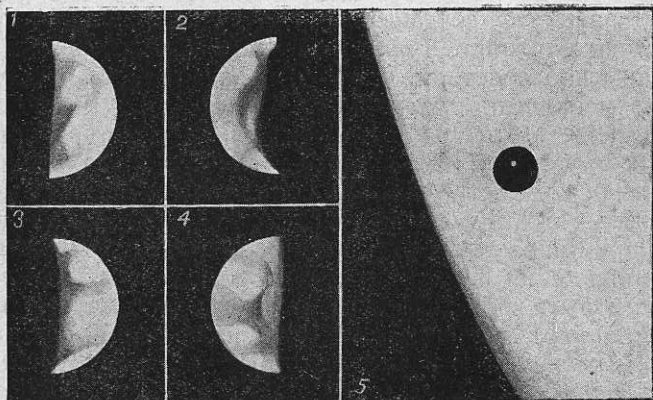


Рис. 103. Вид Меркурия в телескоп.

Детали поверхности, по наблюдениям Деннинга (1), Данжона (2) и Рюдо (3 и 4).—(5) Светлый ореол и пятна, наблюдавшиеся во время одного из прохождений Меркурия перед диском Солнца.

эти неровности, будь то горы или какие-либо другие образования, должны обладать высотами, сравнимыми с высотами лунных гор.

Во время прохождений перед диском Солнца иногда на черном диске планеты наблюдалась яркая светящаяся точка: кроме того, планета порой казалась окруженной широким ореолом (то светлым, то темным), приписываемым наличию плотной атмосферы (рис. 103). Оба эти явления должны быть отнесены к категории оптических обманов. Но это еще отнюдь не значит, что Меркурий совершенно лишен атмосферы.

* К настоящему времени количество наблюдений Меркурия значительно возросло, а качество их улучшилось. Это позволило французскому астроному Э. Антониади составить карту видимого нам полушария Меркурия и подробное описание поверхности этого полушария в статье «Планета Меркурий, его география, вращение и атмосферные образования», перевод которой напечатан в № 6 журнала «Мироведение» за 1934 г. *Прим. перев.*

Одни ученые, например, Хэггинс и Фогель, на основании своих спектроскопических наблюдений полагают, что планета богата водяными парами; правда, другие в то же время утверждают, что Меркурий, подобно Луне, лишен атмосферы*.

Итак, мы видим, что эта планета далеко не полно изучена. По причине трудностями ее наблюдения, не следует пренебрегать никакими возможными ее наблюдениями.

Наблюдения Меркурия

Малые видимые размеры этой планеты делают ее мало доступным объектом для небольших труб, с объективами диаметром от 50 до 60 мм. Для того чтобы хорошенько разглядеть этот маленький диск, диаметром всего-навсего от 5" до 13", и различить его фазы, необходимо увеличение по меньшей мере в 100 раз.

Более сильные инструменты, с объективами в 75 или в 90 мм и больше, способные давать отчетливые изображения при увеличениях в 120, 200, 250 раз и по возможности еще большие, необходимы для обнаружения деталей.

Напомним, что благодаря самому положению планеты наблюдения ее весьма трудны. Оставаясь постоянно вблизи горизонта, она постоянно находится в условиях, весьма дурно влияющих на качество телескопических изображений. Размеры ее обуславливают необходимость употребления сильных увеличений, использовать которые обычно не позволяют условия; тем самым мы оказываемся в замкнутом кругу, из которого нет выхода. Лишь в исключительных случаях удается провести хорошие наблюдения.

С помощью экваториала, снабженного разделенными кругами, мы по таблицам, дающим положение Меркурия, можем попытаться отыскать его днем, когда он находится выше над горизонтом. Но в это время он часто теряется в блеске ярко освещенной Солнцем земной атмосферы в тех случаях, когда она не очень прозрачна.

* В упомянутой в сноске на стр. 170 статье Э. Антониади приходит к выводу о том, что на Меркурии имеется разреженная атмосфера способная поддерживать обширные облака чрезвычайно мелкой пыли. Эти белесоватые облака пыли, взметаемой сильными ветрами и восходящими токами, поднимающимися над обширными выжженными Солнцем пустынями этого светила, по временам совершенно закрывают от нас обширные области, преимущественно по краям диска Меркурия. Существование водяных паров в его атмосфере Антониади считает маловероятным. *Прим. перев.*

В силу своего положения на небесной сфере Меркурий может быть легко видим наблюдателям северного полушария только по вечерам, когда элонгации происходят весной, и по утрам, когда элонгации происходят осенью; тогда он выше всего поднимается над горизонтом.

Планета Венера

Орбита и движение Венеры. Орбита Венеры весьма слабо эллиптична: при среднем расстоянии от Солнца, равном 108 млн. км, разница между крайними расстояниями в перигелии и в афелии составляет всего лишь 740 000 км.

Венера, находящаяся, подобно Меркурию, между Солнцем и Землей, бывает видима в тех же условиях, что и он, и обнаруживает те же особенности. Но так как ее орбита более обширна и расположена ближе к земной, эта планета представляется нашим взорам в прекрасных условиях видимости. Прежде всего во время элонгаций она сильнее удаляется от Солнца, с которым она может образовывать угол в 47° : в это время Венера кажется следующей за Солнцем или опережающей его больше чем на 4 часа, благодаря чему она сияет в полной темноте. Тогда яркость ее бывает замечательна. Известная под названием «утренней» или «вечерней звезды» Венера является наиболее ярким небесным светилом после Солнца и Луны. Это объясняется очень легко тем, что она — наиболее близкая к Земле планета. Обе орбиты удалены друг от друга только на 41 млн. км. Вследствие того, что Венера совершает одно обращение по своей орбите в течение 225 дней, это движение, сочетаясь с обращением Земли, совершающимся в 365 дней, обуславливает довольно медленное видимое движение Венеры среди звезд. По этой же причине требуется 584 дня для того, чтобы обе планеты возвратились в то же положение одна относительно другой. Следовательно, каждый период видимости продолжается несколько месяцев.

Как и Меркурий, но гораздо реже, Венера иногда проходит перед диском Солнца. Несмотря на то, что ее орбита наклонена к нашей только на 3° , вследствие значительных ее размеров, этот небольшой угол обуславливает весьма значительное угловое отклонение. Благодаря этому планета во время нижнего соединения обычно проходит значительно выше или значительно ниже Солнца; необходимо, следовательно, чтобы соединение произошло почти точно на

линии пересечения (что соответствует положениям Земли на ее орбите в июне и в декабре). Эти явления, повторение которых определяется совокупностью движений обеих планет по орбитам, происходят периодически через неравные интервалы в 8 лет, $121\frac{1}{2}$ года, 8 лет, $105\frac{1}{2}$ года; потом цикл начинается сначала: 8 лет, $121\frac{1}{2}$ года и т. д.... Последние прохождения имели место 8 декабря 1874 г. и 6 декабря 1882 г.; следующая же пара прохождений произойдет только 8 июня 2004 г. и 6 июня 2012 г.

Движение Венеры по ее орбите относительно нас влечет за собой значительные колебания ее видимого диаметра; это показано на рис. 104, изображающем одновременно и фазы, соответствующие различным положениям.

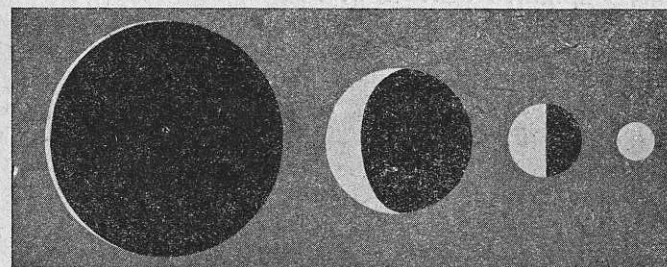


Рис. 104. Изменение видимого диаметра Венеры.

Элементы Венеры. Эта планета обладает почти в точности теми же размерами, что и Земля: в то время как диаметр последней равен 12 757 км, диаметр Венеры измеряется 12 610 км. Объем ее составляет 0,97 земного, но плотность ее несколько меньше, достигая всего лишь 0,843 (плотность Земли принимается за 1); следовательно, вещества, образующие шар Венеры, обладают меньшей плотностью, чем вещества земные. Находясь на этом мире, мы весили бы немного меньше, чем здесь на Земле.

Но если Венера и Земля по своим размерам кажутся сестрами-близнецами, то сходство их этим, повидимому, и ограничивается.

Несмотря на благоприятные условия положения, Венера мало изучена. Как мы узнаем вскоре, она не обнаруживает никаких хорошо видимых деталей, с помощью которых возможно было бы надежным образом определить время вращения ее вокруг оси. Как и в отношении Меркурия,

на этот счет наблюдается полное разногласие. Слабые и неясные очертания, видимые иногда на поверхности этой планеты, привели одних астрономов к оценке этого времени, согласно которой Венера должна вращаться быстрее Земли (в 1835 г. Вико пришел к числу $21^{\circ}21'22''$); а наряду с этим другие (Скиапарелли и большинство современных астрономов) придерживаются того мнения, что это вращение происходит очень медленно и завершается за тот же срок, что и обращение планеты вокруг Солнца, к которому она, таким образом, постоянно обращена одной своей стороной.

Наблюдатели истекшего столетия полагали, что это вращение совершается вокруг оси, наклонной на 55° , в то время как теперь принято считать эту ось почти вертикальной.

Вид и строение Венеры. Вообще говоря, поверхность Венеры, независимо от размеров части ее, видимой благодаря фазе, остается почти равномерно белой. Прежде всего отметим, что этой белизной обуславливается яркий блеск этой планеты; он таков, что в благоприятных условиях освещения свет Венеры отбрасывает тени от земных предметов. Время наибольшей яркости наступает за 40 дней до или после нижнего соединения; этот максимум обуславливается благоприятным сочетанием величины расстояния от Земли и обширностью освещенной (в зависимости от фазы) части поверхности Венеры.

Белизна этой поверхности слегка уменьшается по направлению к границе фазы (терминатору), переходя в сероватый оттенок, — это происходит в согласии с законами освещения шара. Иногда это однообразие кажется нарушенным неясными очертаниями, которые удается скорее угадывать, чем видеть; эти очертания имеют вид серых полос и пятен с контурами, настолько неясными, что различные наблюдатели изображают их неодинаковым образом (рис. 105). Наконец порой удается различить более отчетливые пятна, напоминающие обширные серые области, в большинстве случаев округлой формы. Но в общем ничего определенного в действительности разглядеть не удастся, ничего такого, что производило бы впечатление постоянных очертаний, принадлежащих самой поверхности планеты.

Высказывалось мнение, что эти неясные очертания обуславливаются неравномерностью толстого облачного слоя, почти совершенно закрывающего от нас поверхность Венеры. Различные астрономы объясняли некоторые

неправильности границы фазы наличием высоких гор. Однако они лучше объясняются неодинаковым освещением облачных масс на различных высотах; такое объяснение лучше согласуется с характером этих неправильностей.

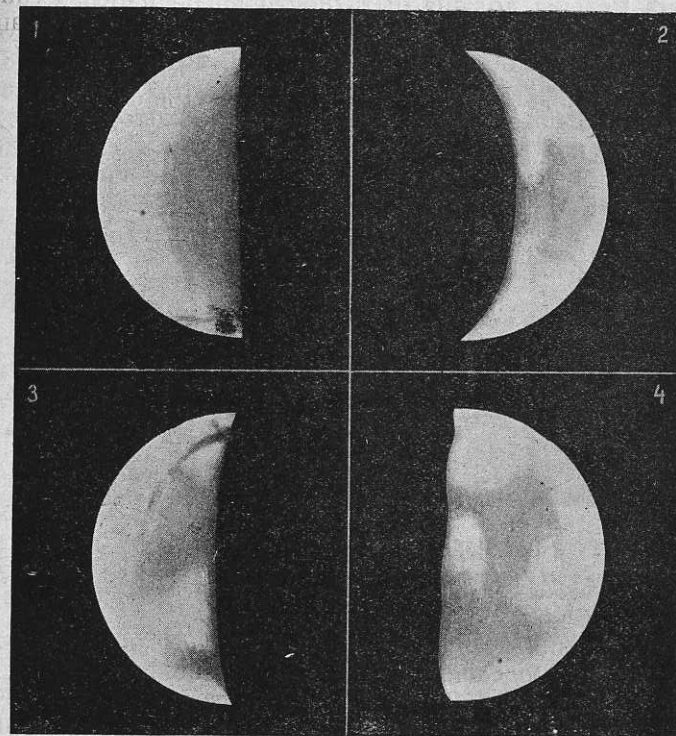


Рис. 105. Вид Венеры в телескоп.

Пятна и неправильности, отмечавшиеся различными наблюдателями: 1 — обычный равномерный вид; 2 — Трувело, 1891; 3 — Скиапарелли, 1895; 4 — Л. Рюдо, 1897.

Эта точка зрения вполне совпадает с мнением о существовании на Венере мощного атмосферного покрова, значительной плотности и высоты.

Когда Венера, находясь между Солнцем и нами, бывает видима в сумерки, узкий серп растущей фазы продолжается за свои геометрические пределы: полоска меньшей яркости обрисовывает большую часть, а иногда даже и весь контур

диска планеты так, как это сделал бы освещенный слой воздуха. Подобное же явление, но в более резко выраженной форме, наблюдалось во время последних прохождений Венеры перед диском Солнца (рис. 106). Было вычислено, что для того, чтобы вызвать такое рефракционное явление, атмосфера Венеры должна быть почти вдвое плотнее земной. Нижние слои этой атмосферы должны быть постоянно наполнены густыми облаками, закрывающими от нас самую поверхность планеты. Это позволяет думать, что эта атмосфера весьма богата водяными парами; некоторые спектроскопические наблюдения подтверждают этот взгляд. Однако

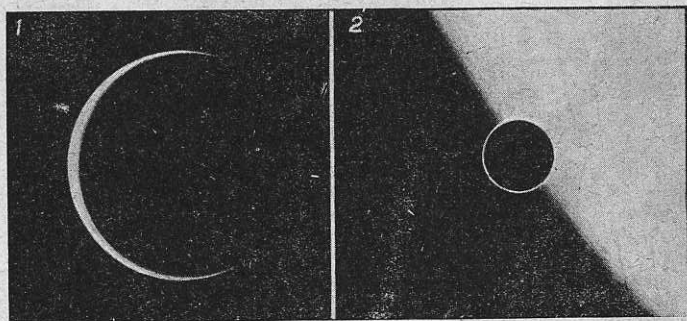


Рис. 106. Атмосфера Венеры.

1 — продолжения рогов фазы; — 2 явление, наблюдавшееся во время прохождения Венеры перед диском солнца 6 декабря 1892 г.

эти исследования очень деликатны в силу того, что спектроскопические определения подвержены влиянию нашей собственной атмосферы, сквозь которую световым лучам приходится проходить; влияния эти чрезвычайно трудно исключить из конечного результата. Этим и объясняется тот факт, что новейшие наблюдения, повидимому, наоборот, указывают на полное отсутствие в атмосфере Венеры водяных паров. Но тогда продуктом конденсации какого же вещества образуются облачные формации, наличие которых приходится предполагать для объяснения результатов телескопических наблюдений? *

Эта планета, наиболее близкая к Земле, относится к числу наименее изученных.

* В 1934 г. американские астрономы Адель и Слайфер пришли к заключению, что атмосфера Венеры чрезвычайно богата углекислотой. *Прим. перев.*

Наблюдения Венеры

Находясь в отношении периодов своей видимости в тех же условиях, что и Меркурий, Венера вполне доступна для наблюдений по причинам более значительного ее (углового) расстояния от Солнца, ее большой яркости, позволяющей наблюдать ее днем, и наконец относительно большого ее видимого диаметра, позволяющего видеть планету в инструменты наиболее скромных размеров. В самом деле, в моменты наибольшей своей близости, находясь вблизи нижних соединений, растущий серп Венеры, достигающий диаметра почти 1', бывает видим в хороший театральный бинокль.

Мы уже знаем, что Венера может светить глубокой ночью, но тогда ее яркость бывает столь велика, что буквально ослепляющее глаз наблюдателя, искаженное иррадиацией изображение ее не может изучаться с достаточной пользой. Для этого необходимо выбирать подходящее время; наилучшим будет момент солнечного заката или восхода, тогда освещение неба несколько ослабляет яркость планеты. Очень хорошие наблюдения могут производиться также и днем, когда состояние атмосферы позволяет получать прекрасные изображения. Для легкого нахождения Венеры на дневном небе, располагая для этого экваториалом, позволяющим отыскивать ее сразу, необходимо прежде всего знать ее приблизительное положение или заметить его утром, или же выбирая время ее соединения с Луной, столь ясно видимой в любое время суток. Раз найдя Венеру, ее легко увидеть и в последующие дни, ориентируясь по приметным предметам.

Небольшие трубы, дающие увеличение от 25 до 30 раз, позволяют проследить изменение фаз Венеры между нижним соединением и элонгациями, во время которых она являет вид первой и последней четверти Луны.

Более сильные трубы с объективами диаметром от 50 до 75 мм позволяют довольно отчетливо разглядеть неправильность границы фазы и даже неоднородность тона белой поверхности. Стократное увеличение уже позволяет производить хорошие наблюдения, особенно в такие часы вечерних сумерек или утренней зари, когда изображение планеты обладает наиболее благоприятной для этого яркостью.

Но для того чтобы хорошенько различить детали, иногда нарушающие геометрическую правильность фазы, необо-

димо пользоваться более сильными увеличениями в 150, 200 раз и больше, даваемыми инструментами с объективами диаметром от 81 до 108 мм.

Видимость пятен Венеры может сильно меняться в зависимости от условий наблюдения; это вопрос яркости изображения, обусловливаемой силой окуляра, употребляемого с тем или другим инструментом.

Для зарисовки общего вида Венеры и неясных очертаний, порою видимых на ее поверхности, в качестве лучшего способа может быть рекомендовано пользование очень мягкой растушевкой.

Планета Марс

Орбита и движение Марса. Марс является первой из числа планет, более удаленных от Солнца, чем Земля. Уже было объяснено, как эти планеты, двигаясь по орбитам, обнимающим земную, кажутся занимающими на звездном небе последовательно различные положения. В моменты оппозиций, когда мы видим их освещенными точно спереди, они находятся к нам ближе всего; эти благоприятные для наблюдений условия особенно хороши для изучения Марса, вследствие значительной его близости.

Орбита Марса, средний радиус которой равен 228 млн км, является сильно эллиптической; в перигелии она приближается к Солнцу на 207 млн. км и удаляется от него на 249 млн. км в афелии. Вследствие этого изменения расстояния ее от Земли весьма значительны, тем более, что орбита Марса ориентирована относительно земной таким образом, что перигелий Марса близок к афелию Земли. Рис. 107, изображающий эти отношения, поможет нам понять, что даже при одинаковых относительных положениях нас могут разделять весьма неодинаковые расстояния; так, например, в моменты оппозиций Марс находится от нас то на 98 млн. км, то на 56 млн. км. Последний случай имел место в августе 1924 г., что является исключительным астрономическим событием. В это время обе планеты действительно находились на наименьшем возможном расстоянии. Но через каждые 15 лет они вновь приходят приблизительно в то же положение, находясь или немного впереди, или несколько позади линии наименьшего расстояния между обеими орбитами; благодаря этому разница расстояний становится мало существенной.

Эти периодические возвращения обуславливаются сочетанием движений Земли и Марса. Этот последний, двигаясь более медленно, заканчивает одно обращение в течение 687 дней. Благодаря этому примерно через каждые 780 дней обе планеты, подобно концам стрелок часов, оказываются на одной прямой с Солнцем, но не в одинаковых

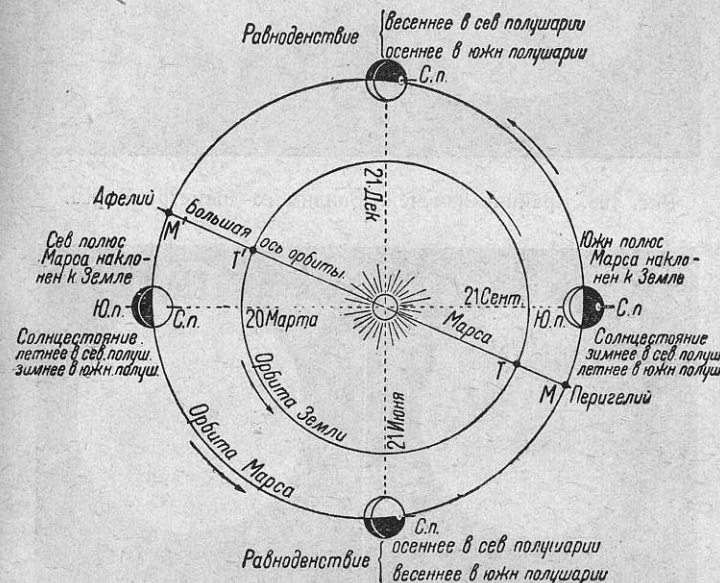


Рис. 107. Относительное расположение орбит Марса и Земли.

Вследствие эксцентриситетов их орбит Земля и Марс бывают удалены друг от друга на весьма различные расстояния. Оппозиции, имеющие место во время нахождения Земли в Т и Марса в М, соответствуют наибольшей близости (которая имеет место всегда в августе); во время же оппозиций, происходящих не в точках Т и М, расстояние, отделяющее нас от Марса, гораздо значительнее. Противоположные положения Т' и М' соответствуют наибольшему взаимному удалению обеих планет. На чертеже показаны также и положения шара Марса, наклоненного к его орбите; этот наклон обуславливает смену времен года на поверхности планеты.

точках своих орбит; в самом деле, Земля за это время успевает совершить два полных обращения да еще продвинуться по своей орбите на 50 дней пути. Таким образом, каждая новая оппозиция происходит на орбитах несколько дальше предыдущей. И так Земля и Марс последовательно сближаются в различных точках своих орбит, возвращаясь в то же положение только по истечении семи периодов, равных приблизительно 15 годам.

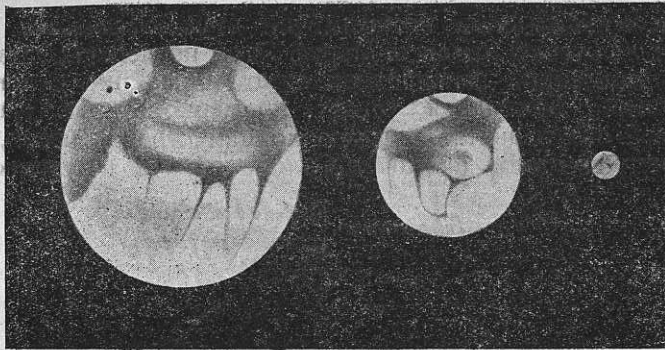


Рис. 108. Крайние изменения видимого диаметра Марса.

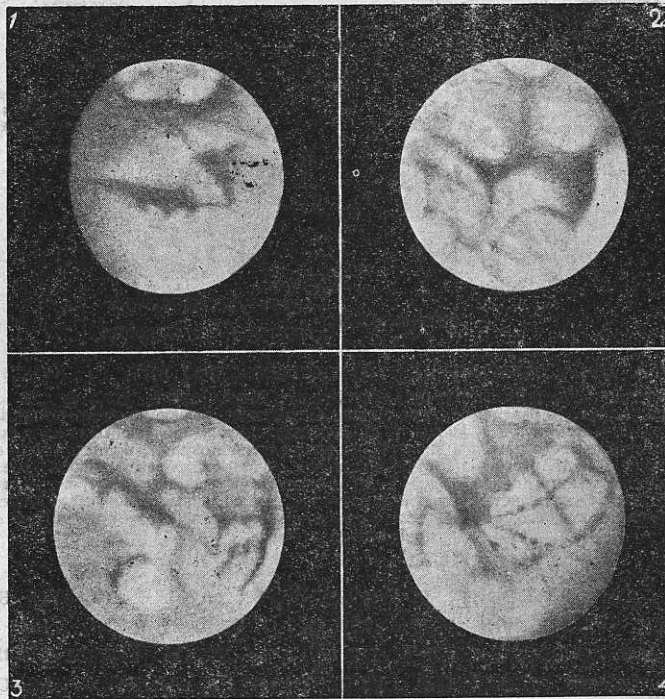


Рис. 109. Вид планеты Марс в телескоп.

Характер главных очертаний и каналов. Изменения полярных шапок. [По наблюдениям, произведенным в 1924 г. г. Кениссэ по обсерватории в Жювизи (2), Антониади (1 и 3); Бальдэ, на Медонской обсерватории (4).]

Между крайними положениями относительно Земли, т. е. между положением Марса в оппозиции, в момент наибольшей его близости, и положением его в верхнем соединении, позади Солнца, когда он находится в афелии, расстояние весьма значительно. Составить себе о нем представление можно по рис. 108, изображающему изменения видимого диаметра Марса в зависимости от этих его расстояний.

Следует еще отметить, что вследствие относительной близости этой планеты, она благодаря перспективе также обнаруживает явление фаз (рис. 109) в то время, когда она отстоит от Солнца на прямой угол или, как говорят, находится с ним в квадратуре.

Элементы Марса. Марс является миром небольших размеров: при его диаметре, равном 6860 км, объем его почти в 7 раз меньше земного.

Вещества, образующие его шар, обладают довольно малой плотностью: 3,8 вместо земной 5,5. Если бы мы могли перенестись на этот небольшой мир, то мы весили бы на его поверхности почти вдвое меньше, чем здесь на Земле.

Марс вращается в $24^{\circ} 37' 23''$, 65 вокруг оси, наклонной к вертикали на $26^{\circ} 40'$. Поэтому смена дня и ночи происходит на нем почти в точности так же, как у нас на Земле. Зато времена года на нем выражены гораздо резче; происходит это прежде всего благодаря большому наклонению его оси вращения, а главным образом в силу почти двойной их продолжительности, определяемой длиной года на Марсе. Возвратимся к рис. 107; на нем показаны различные последовательные положения наклоненного шара Марса на его орбите и объяснено, как мы последовательно видим оба его полюса.

Вид и строение Марса. Каналы. Рассматриваемая невооруженным глазом планета Марс представляется нам ярко-оранжевого цвета; наблюдаемая же в телескоп она кажется скорее желтой с большим разнообразием оттенков, отличающих различные области этого столь интересного мира.

Оба полюса планеты покрыты совершенно белыми шапками, заметными с первого же взгляда. Эти полярные шапки претерпевают по своим размерам весьма значительные изменения. В зависимости от положения полюсов Марса относительно Земли мы видим их полностью или частью. Независимо от этого мы можем констатировать, что, будучи весьма обширными во время марсианской зимы, эти белые области уменьшаются или даже почти совершенно исчезают в течение марсианского лета. Вопреки некоторым



Рис. 110. Общая карта планеты Марс.

Эта планисфера, не содержащая полярных областей, представляет собою совокупку наиболее надежных наблюдений общих очертаний и главных линий каналов; приданный им здесь ясный характер соответствует в действительности расположению отдельных деталей, ясная видимость которых при наблюдении их в телескоп создает впечатление таких более или менее правильных образований.

утверждениям противоположного характера, принято считать эти области покрытыми снегами и льдами, как и у нас на Земле, испытывающими влияние смены времен года.

На остальной части поверхности Марса вырисовываются более или менее темные образования, совокупность которых напоминает расположение материков и океанов. Некоторые из этих пятен, обладающие более или менее зеленоватым оттенком, выделяются слабо; иные же, наоборот, кажутся очень темными. Но если, вообще говоря, видимость их довольно затруднительна, то самое существование их не подлежит ни малейшему сомнению. Это уже с давних пор заставило предполагать, что они представляют собою моря или океаны, в то время как желтые области поверхности планеты являются континентами или крупными островами. Ни один другой небесный мир, быть может, не наблюдался больше Марса. После Венеры эта планета наиболее к нам приближается. Но Венера в моменты наибольшей своей близости, практически говоря, бывает невидима, находясь между Солнцем и Землей, к которой она обращена в это время неосвещенной своей стороной. Марс же, хотя и находящийся несколько дальше, прекрасно расположен для того, чтобы его удобно было наблюдать освещенным спереди.

Все более возрастающее количество наблюдений, наряду с усовершенствованием применяемых инструментов, позволило различить множество деталей, по поводу истолкования которых господствует полное разногласие, несмотря на бесконечные споры и потоки потраченных на них чернил.

В 1877 г. уже и без того крупный интерес, представляемый этой планетой, еще более возрос, после того как Скиапарелли объявил о существовании открытых им каналов*: ученый итальянский астроном назвал так сеть более или менее тонких правильных линий, пересекающих поверхность Марса во всех направлениях как будто для соединения морей через материки. На первых рисунках и на многих последующих (так как все наблюдатели не замедлили более или менее легко распознать эти образования), геометрическая правильность каналов представляется значительной, настолько значительной, что некоторые астрономы не поколебались приписать им искусственное происхождение, т. е., иными словами, увидеть в них работы марсиан,

* В это слово, обозначающее на итальянском языке и «каналы» и «проливы», Скиапарелли не вкладывал мысли об искусственном происхождении этих образований. *Прим. перев.*

направленные к созданию благоприятного распределения воды на поверхности их мира.

Надо сознаться, что во многих случаях, и особенно когда дело касается истолкования виденного, мы в той или иной степени делаемся жертвой иллюзий. Припомним, что было говорено о психологии наблюдателя. Детали, о которых идет речь, несомненно вызваны «чем-то», действующим на наше зрение, но истинная структура этого «чего-то» от нас ускользает вследствие того, что элементы этих деталей слишком малы для того, чтобы быть видимыми по отдельности. Так, например, ряд мелких и очень близких точек дальше некоторого расстояния бывает видим в форме одной линии, более или менее неясной. Весьма вероятно, что и видимые в мощные инструменты образования, называемые каналами, следует приписывать структуру подобного же рода. Каналы являются естественными образованиями самой поверхности Марса, природа которых нам еще не известна, что следует сказать также и о темных пятнах. Действительно, что представляют собой эти последние? На этот вопрос в настоящее время еще нельзя дать определенного ответа, но во всяком случае гипотеза о том, что они являются обширными пространствами океанов, повидимому, должна быть отброшена. Если светлые области поверхности диска Марса представляют нам обладающими неодинаковыми оттенками и там и сям прорезанными темными пятнами, то такие явления наблюдаются и в темных областях. Некоторые из них обнаруживают сложную структуру, будучи образованными совокупностью множества деталей, оттенков и яркостей различных и изменчивых. Зачастую каналы кажутся продолжающимися и по темным пятнам. Наконец вся их совокупность, повидимому, подвержена некоторым изменениям, обращать внимание на которые уже давно предложил К. Фламарион. В силу всех этих причин все более и более склоняются к мнению, что эти образования соответствуют болотистым пространствам, перемежающимся с зонами покрытыми растительностью. Новейшими чрезвычайно удачными наблюдениями, произведенными Антониади на Медонской обсерватории, были обнаружены изменения окраски, происходящие параллельно смене времен года. Каналы и многочисленные мелкие пятнышки (называемые озерами и оазисами), находящиеся в точках пересечения каналов и усеивающие некоторые из них, также, повидимому, подвержены этим изменениям.

Какова бы ни была истинная природа этих образований, их продолжают называть терминами, порожденными первой гипотезой водных и континентальных площадей. Скиапарелли предложил латинские или латинизированные названия, привившиеся как для светлых и темных площадей, так и для каналов, которые продолжают называть так же.

Для того чтобы допустить существование на Марсе воды, к чему склоняют нас результаты наблюдений, мы одновременно должны допустить и наличие на нем атмосферы.

Существование этой атмосферы не только было подтверждено спектральным анализом, но только наличием ее одной объяснимы появляющиеся порою обширные, иногда желтоватые, облакообразные покровы, затягивающие различные

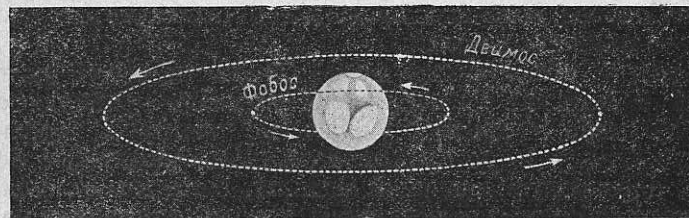


Рис. 111. Орбиты спутников Марса.

области, детали которых в это время перестают быть видимыми; некоторые подвижные белые массы, наблюдаемые на границе фазы и, повидимому, находящиеся высоко над поверхностью, могут рассматриваться только в качестве облачных скоплений. Возможно даже, что эти метеорологические явления, разыгрывающиеся над поверхностью, играют преобладающую роль в вышеупомянутых изменениях.

Однако, вообще говоря, кажется, что эта атмосфера должна быть менее плотной, чем атмосфера Земли, и главным образом содержащей меньше водяных паров, что вполне согласуется с указаниями на относительно малые количества воды, имеющейся на поверхности этого еще достаточно загадочного мира.

Спутники Марса. Марс обладает двумя спутниками или лунами, открытыми в 1877 г. американским астрономом Азафом Холлом.

Первый из них — **Фобос**, удаленный от центра планеты только на 9410 км (т. е. на 5980 км от ее поверхности), быстро обращается вокруг нее в 7^ч39^м; второй — **Деймос**, удаленный на 23470 км, пробегает свою орбиту за 30^ч 18^м.

Эти светила ничтожны по своим размерам: Фобос обладает диаметром, повидимому, не превышающим 13 км, а Деймос 10 км. Они могут наблюдаться только с помощью весьма сильных инструментов.

Наблюдения Марса

Мы уже знаем, где и когда Марс бывает видим на звездном небе и в каких благоприятных условиях мы можем его наблюдать. В моменты оппозиций видимый его диаметр может увеличиваться максимально до 25", но во всяком случае до 14"; в обе стороны от этих положений он возрастает или убывает довольно быстро. Это ограничивает коротким сроком период полезных наблюдений, особенно для инструментов малой мощности.

Трубы с объективами менее 75 мм не могут употребляться с пользой. В наилучших условиях необходимо по меньшей мере 50-кратное увеличение для того, чтобы отчетливо различить на оранжеватом диске маленькую белую точку, образуемую полярной шапкой; быть может, удалось бы также заметить неодинаковую яркость различных частей диска, обусловливаемую наличием пятен.

С помощью трубы в 75 мм мы разглядим общий вид планеты, если качество изображений позволит использовать увеличение по меньшей мере в 100 раз; увеличение в 150 раз даст возможность различить главные очертания. В этих условиях полярные шапки хорошо заметны, вследствие чего возможно подметить изменения их размеров; южная полярная шапка более пригодна для этих наблюдений, потому что в эпохи, когда это полушарие повернуто к нам, Марс находится ближе всего к Земле. По этой же причине и очертания южных областей, вообще говоря, легче видимы.

Из всех деталей наиболее заметным является Большой Сырт, обладающий формой резко ограниченного треугольника (рис. 112). Это пятно очень темно, так же как и Море Кислот, которое временами представляется черной точкой на северном полушарии.

Но действительно удачные наблюдения могут производиться только с помощью инструментов с объективами диаметром в 95, 108, или 135 мм, дающими возможность пользования увеличениями от 200 до 250 раз. Они покажут нам, опять-таки лишь в благоприятных условиях, почти всю совокупность очертаний поверхности планеты, так же как и

некоторые наиболее заметные «каналы»; мы сможем также отметить колебания общей яркости пятен.

Заметим по этому поводу, что, работая с каким угодно инструментом, невыгодно пользоваться слишком сильными увеличениями. Детали Марса могут быть хорошо видны только в окуляры, дающие увеличения, не большие средних увеличений, допускаемых объективами: Марс, как говорят, «плохой» телескопический объект.

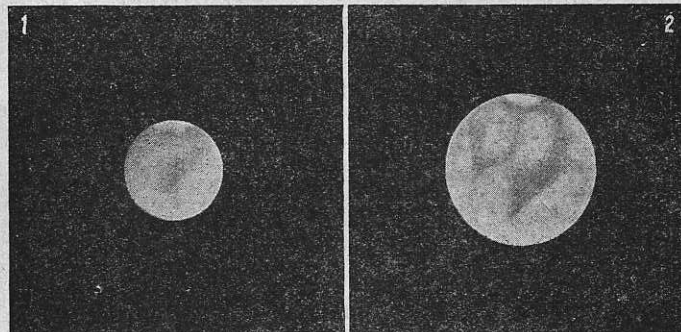


Рис. 112. Вид Марса в любительские инструменты.
1 — в небольшую трубу от 60 до 70 мм; 2 — в трубу от 95 до 108 мм.

В силу чрезвычайно деликатного характера всех этих деталей для их отчетливой видимости необходимо, чтобы изображение было превосходным; кроме того нужно вести эти наблюдения с большим вниманием и притом глазом, вполне привычным к наблюдениям в телескоп. Такие наблюдения неизменно должны сохранять характер полной беспристрастности; это значит, что мы не должны пытаться соединять между собою детали, даже в тех случаях, если отдельные недостающие их части были перед этим видимы.

Вследствие того, что Марс вращается только чуть-чуть медленнее Земли, мы, наблюдая его каждый вечер в один и тот же час, будем видеть почти в точности одни и те же области его поверхности лишь с небольшим опозданием.

Все виденное следует изображать на рисунках достаточно определенным образом, избегая однако подчеркивания отдельных деталей, в большинстве своем столь деликатных*.

* Более детальные указания к наблюдениям и зарисовкам Марса и других планет даны в статье Н. П. Санютина «Наблюдения поверхностей планет средствами астронома-любителя», содержащейся в переменной части Русского астрономического календаря на 1928 г. *Прим. перев.*

Малые планеты

Малые планеты, как показывает самое их название, являются весьма небольшими светилами, которые не могут быть найдены на небе без помощи достаточно сильных инструментов. Впервые одна из этих малых планет или астероидов была найдена 1 января 1801 г. Пиацци; она получила название *Цереры*. С тех пор открытия настолько умножились, что в настоящее время число известных нам малых планет превышает 1200 и продолжает увеличиваться из года в год.

Орбиты их распределены во всем пространстве между орбитами Марса и Юпитера и даже заходят за них в обе стороны. Действительно, один из наиболее интересных из этих астероидов *Эрот* (открытый в 1898 г.) обращается по весьма эксцентрической орбите и на значительной части своего пути находится к Солнцу гораздо ближе Марса. Два других *Ахиллес* и *Гектор* находятся дальше Юпитера. Некоторые из орбит малых планет, кроме того, весьма сильно наклонены к общей плоскости, около которой сгруппированы орбиты остальных планет солнечной системы.

Едва ли было бы целесообразно перечислять здесь все эти планеты; таблицы их элементов заполнили бы изрядное количество страниц этой книги. Остановимся только на их распределении в пространстве. Они группируются сериями, образуя как бы концентрические кольца, разделенные отчетливо выраженными пустыми промежутками; наиболее значительная такая группа находится от Солнца на среднем расстоянии в 314 600 000 км; средняя продолжительность обращений малых планет, входящих в эту группу, составляет около 1700 дней.

В большинстве случаев эти малые планеты представляются нам такими же точками, как и наиболее слабые звезды неба. Они отличимы только по их движениям и прежде для их открытия приходилось терпеливо за ними охотиться; в настоящее время эта охота упрощается применением фотографии.

В то время как звезды выходят на пластинке точками, астероиды образуют на пластинке небольшие черточки вследствие их видимых движений, происходящих за время экспозиции,

По нескольким последовательным положениям определяются орбиты, по которым они движутся; таким образом, только путем вычислений удастся узнать, имеем ли мы дело с новым светилом или с уже известным нам, занесенным в каталог.

Как правило, астероиды не обладают сколько-нибудь значительными диаметрами, благодаря чему все попытки

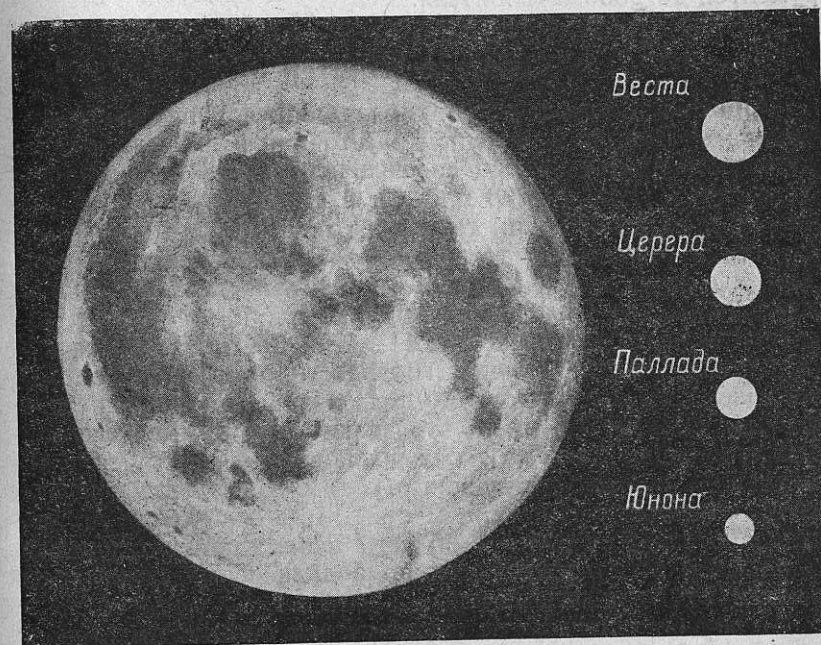


Рис. 113. Диаметры главных малых планет по сравнению с диаметром Луны.

прямого измерения их оказывались тщетными. Попытки вычислять их диаметры, оценивая яркости их в зависимости от расстояния, и таким путем было найдено, что большинство этих светил не должно обладать диаметрами, значительно превосходящими 25 км. Однако несколько малых планет заметно крупнее, что и позволило довольно точно определить их размеры. Так, например, *Веста*, самая яркая малая планета, обладает диаметром приблизительно в 400 км, *Церера* — в 350 км, *Паллада* — в 270 км, *Юнона* —

в 200 км. Это великаны в семье астероидов. Но насколько малы они по сравнению с Луной, показано на рис. 113.

Относительно физического состояния этих планет мы не обладаем никакими данными.

Эти светила, представляющиеся нам слабыми светящимися точками, не обладающими заметными размерами, практически бесполезно наблюдать с помощью несложных инструментов астронома-любителя.

Планета Юпитер

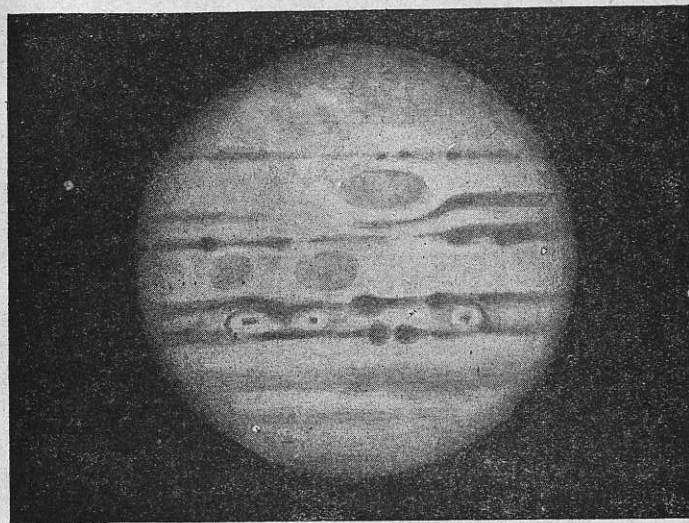
Орбита и движение Юпитера. Орбита Юпитера расположена от Солнца на среднем расстоянии в 775 млн. км; но вследствие значительного ее эксцентриситета планета приближается к нему на 738 млн. км в перигелии и удаляется от него на 803 млн. км в афелии. Когда Юпитер находится в оппозиции, то в наиболее благоприятных условиях нас разделяет расстояние в 580 млн. км. Эта орбита обладает весьма значительными размерами, и Юпитер затрачивает на ее прохождение 11 лет и 314 дней; время его обращения, следовательно, гораздо продолжительнее нашего земного года. Поэтому мы догоняем эту планету в среднем каждые 398 дней; это значит, что каждая следующая оппозиция наступает с запозданием в один месяц по сравнению с предшествующим годом. Благодаря медленности обращения Юпитера мы видим его подолгу остающимся в одной и той же области неба; своим кажущимся движением он перемещается по зодиакальным созвездиям с величавой медлительностью.

В силу значительности размеров его орбиты по сравнению с нашей, крайние различия расстояния его от Земли разнятся друг от друга мало, и видимый диаметр Юпитера колеблется лишь в пределах от 30" до 48". В моменты оппозиций вследствие значительности своих размеров Юпитер по своей яркости почти не уступает Венере.

Элементы Юпитера. Таблица сравнительных величин, изображенная на рис. 100 (стр. 166), уже показала нам, что Юпитер является наиболее огромной из всех планет. Громадный шар в плоскости экватора обладает диаметром в 143 600 км; следовательно, он в 11,1 раз больше и в 1295 раз объемистее Земли. Но зато он, наоборот, очень легок, потому что масса его превосходит земную только в 318 раз: плотность Юпитера почти вчетверо меньше плотности Земли.

Шар Юпитера обнаруживает весьма заметную сплюснутость, составляющую $\frac{1}{15}$ его диаметра. Это сжатие бросается в глаза при первом же взгляде на его диск. Такая форма обязана своим происхождением центробежной силе, развивающейся вследствие быстроты вращения столь огромного шара.

Как и на Солнце, скорость этого вращения изменяется в зависимости от широты, постепенно уменьшаясь



114. Общий вид Юпитера.

Видны «красное пятно» и тень одного из спутников, находящегося слева от диска.

по мере приближения к полюсам: на экваторе она составляет в среднем $9^{\circ} 58'$, а на 40° северной и южной широты — в среднем $9^{\circ} 56'$. К этому вопросу мы еще возвратимся впоследствии.

Ось вращения почти перпендикулярна к плоскости орбиты: наклон ее достигает едва 3° , что влечет за собой отсутствие отчетливо выраженной смены времен года.

Вид и строение Юпитера. Поверхность Юпитера представляется нам пересеченной светлыми и темными зонами или полосами, параллельными экватору (рис. 114). Это общее расположение мы наблюдаем неизменно; отдель-

ные же полосы, наоборот, с течением времени изменяются по своей ширине и по своему расположению.

Светлые полосы окрашены в белый или в очень бледный желтовато-зеленый цвет; темные полосы кажутся одни сероватыми, а другие розоватыми или палево-розоватого оттенка.

Все эти зоны далеко не однородны; в них мы замечаем области неодинаковой яркости, и, кроме того, они зачастую бывают усеяны пятнами, некоторые из которых очень яркие,

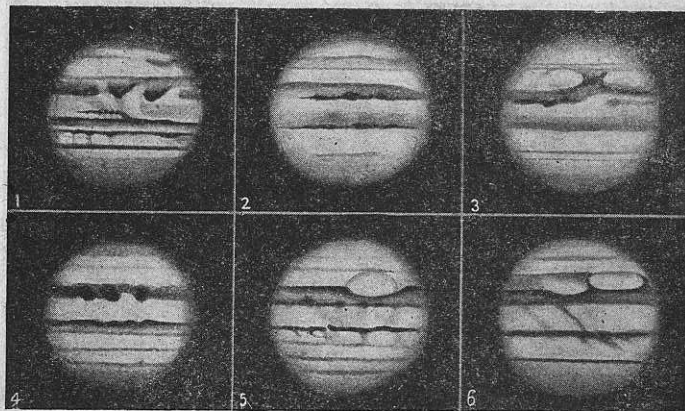


Рис. 115. Меняющийся вид Юпитера.

1 — 1893; 2 — 1898; 3 — 1901; 4 — 1903; 5 — 1909; 6 — 1918.

а другие, наоборот, весьма темны, обладая почти черным цветом; кроме того, наблюдаются еще и косые, пересекающие их полосы. Вся эта совокупность деталей подвержена переменам, видоизменяющим общий вид планеты из года в год (рис. 115).

Однако среди всех этих образований имеется одна деталь, существующая с 1878 г. (а может быть, даже с еще более раннего времени), находящаяся в южной тропической области. Это эллиптическое пятно длиной в 50 000 км, называемое красным пятном по причине его кирпично-красного цвета; его окраска подвергалась многочисленным изменениям, вследствие чего красное пятно по временам становилось почти невидимым, приобретая сероватый оттенок. Систематические наблюдения его показали, что оно не занимает неизменного положения, но кажется плывущим

в зоне, сохраняя в ней свою широту. Другое большое пятно той же зоны, называемое возмущением, кажется вращающимся быстрее его и периодически обгоняющим его.

Эта нестойкость различных областей Юпитера вызывается неодинаковыми временами вращения не только различных зон шара, но и различных частей этих зон. Все склоняет нас к мнению, что видимое нами на Юпитере соответствует массе, находящейся в стадии образования и окруженной громадной атмосферой, насыщенной густыми и тяжелыми парами.

Верхние слои этой атмосферы должны сильно поглощать световые лучи, потому что края диска планеты заметно темнее его середины и представляются нам как бы



Рис. 116. Орбиты первых пяти спутников Юпитера.

Остальные слишком удалены от планеты, для того чтобы их можно было изобразить в пределах этой схемы.

затушеванными. С другой стороны, спектральный анализ указывает на то, что эта атмосфера содержит газы, неизвестные на Земле.

Спутники Юпитера. Эта огромная планета удерживает своим притяжением свиту, состоящую из девяти спутников, известных в настоящее время. Юпитер со своими спутниками представляет собою настоящую модель солнечной системы уменьшенных размеров.

Четыре главных спутника были открыты Галилеем 7 января 1610 г. с помощью сооруженной им астрономической трубы, впервые примененной им к изучению неба.

Следовательно, эти спутники видимы в самые скромные инструменты. Пять остальных спутников, напротив, представляют собою светила ничтожных размеров. Они были открыты только в течение последних десятилетий: V — в 1892 г. Барнардом, VI и VII — в 1904 и 1905 гг.

Перрайном, VIII — в 1908 г. Мелоттом* и IX — Никольсоном в 1914 г. За исключением V, открытого визуально, остальные были найдены фотографическим путем. Наблюдать их возможно только в очень сильные инструменты.

Номера и названия	Расстояния от центра Юпитера в км	Времена обращений	Диаметры в км
V.....	181 200	0 ^d 11 ^h 57 ^m	160
I Ио.....	421 500	1 18 23	3 500
II Европа....	670 700	3 13 14	3 320
III Ганимед .	1 070 000	7 03 43	5 350
IV Каллисто	1 881 700	16 16 32	5 170
VI.....	11 450 000	250 16 19	130
VII.....	11 740 000	260 01 26	40
IX.....	24 000 000	745 00 00	25
VIII.....	23 500 000	738 22 00	25

Употребляемая нумерация их нелогична: номера I, II, III, IV главных спутников расположены в порядке их возрастающих расстояний, тогда как V (находящийся к Юпитеру ближе I), VI, VII, VIII, IX, напротив, расположены в порядке открытий.

Эта система обнаруживает интересные особенности движений. Спутники V, I, II, III, IV обращаются почти в одной плоскости, близкой к плоскости экватора планеты; остальные спутники движутся по орбитам, напротив, весьма наклонным; более того, VIII и IX обращаются в направлении, противоположном всем остальным.

Как указано в таблице, спутники I, II, III, IV являются довольно крупными небесными телами, превосходящими по размерам нашу Луну; III по своей величине почти достигает Марса и превосходит Меркурия. Несмотря на их удаленность, мы видим их в форме маленьких отчетливых дисков, обладающих неодинаковой яркостью их поверхностей,

* Впоследствии этот спутник, обладающий яркостью 16—17-й звездной величины, был потерян из вида и лишь в 1931 г. вновь открыт в Америке благодаря успешному предвычислению сильно возмущаемой его орбиты, произведенному в Астрономическом институте в Ленинграде. *Прим. перев.*

обусловливаемой наличием пятен. Когда они проходят между Солнцем и Юпитером, мы отчетливо видим на поверхности планеты их черные тени (рис. 114).

Эти прохождения повторяются при каждом обращении первых трех спутников; но IV спутник чаще всего вслепст-

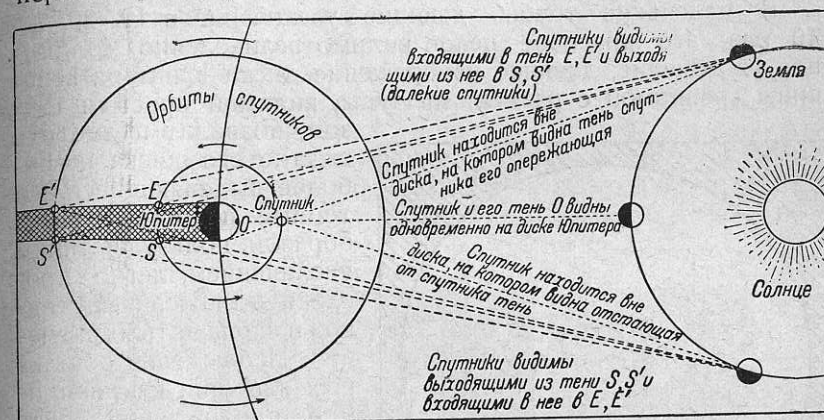


Рис. 117. Явления в системе спутников Юпитера.

Объяснение прохождений спутников и их теней перед диском планеты и затмений в ее тени. Ход этих явлений возможно проследить различным образом в зависимости от угла взаимного наклонения орбит Юпитера и Земли.

вие размеров его орбиты проектируется не на диск Юпитера, а выше или ниже него.

Мы можем также проследить исчезновения этих спутников в тени Юпитера, происходящие совершенно так же, как и лунные затмения. Три первых спутника затмеваются при каждом своем обращении, в то время как IV по вышеуказанной причине чаще всего избегает конуса тени. Эти явления могут быть видны только в то время, когда направление к Земле образует достаточный угол с направлением освещения Юпитера Солнцем (рис. 117).

В подобных же условиях происходят и прохождения спутников перед диском планеты; при этом тени их, движущиеся по нему, кажутся то опережающими их самих, то следующими за ними.

Яркости спутников Юпитера кажутся подверженными заметным колебаниям, несомненно обусловливаемым пятнами, усеивающими их поверхность. Точно проследив продолжительность этих изменений, без сомнения, удалось бы определить и времена их вращения.

Наблюдения Юпитера

В хороший бинокль Юпитер кажется маленьким диском, окруженным главными своими спутниками, имеющими вид светлых точек.

В маленькие трубы, дающие увеличение в 10, 20, 30, 40 раз, это красивое целое видимо великолепно; 40-кратное увеличение, дающее изображение диска Юпитера величины сравнимой с размерами Луны, видимой простым глазом, позволит подметить сжатие его диска и наиболее выделяющиеся его темные полосы. Равным образом, пользуясь таким увеличением, легче проследить движения спутников и наблюдать их затмения. Наблюдения остальных явлений, как, например, прохождений спутников и их теней, требует применения более сильных инструментов с объективами диаметром от 50 до 70 мм, дающих увеличение от 70 до 100 раз. С такими инструментами удастся произвести интересные наблюдения изменений вида полос диска; кроме того, будут видимы некоторые пятна и неправильности, которые позволят оценить скорость вращения планеты.

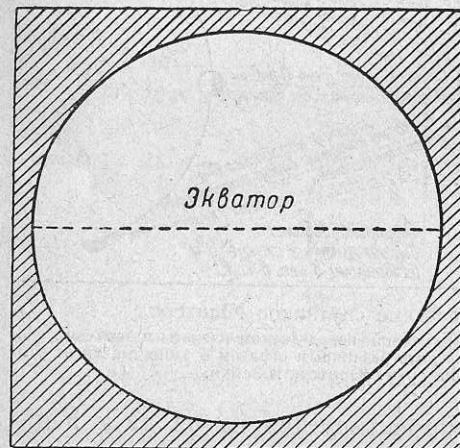


Рис. 118. Шаблон эллиптического диска Юпитера.

Наблюдения Юпитера облегчаются свойством этого светила, позволяющим пользоваться сильными увеличениями. Наблюдая его в трубу с объективом диаметром в 75 мм, а в особенности в 95 или 108 мм, мы свободно можем доводить увеличения до 150, 200, 250 раз, сообразно с размерами инструмента. В таких условиях возможно производить серьезные, детальные наблюдения.

Юпитер обладает столь заметным сжатием, что было бы неправильным изображать его на рисунке круглым. Точно его форма изображена на рис. 118; по этому чертежу следует вырезать раз навсегда картонный шаблон,

обвода который острием карандаша, мы будем получать эллиптический контур диска.

Сильные увеличения, достижимые при работе с последним из упомянутых инструментов, позволят более полно изучить главные явления, порождаемые движением спутников. При таких увеличениях эти последние, так же как и их тени на поверхности планеты, приобретают заметный диаметр. Во время прохождений спутников перед диском планеты видимость их меняется; в силу контраста они кажутся нам небольшими пятнышками, то темными, то светлыми в зависимости от характера зоны, на которую они проектируются; а иногда они даже сливаются с планетой и исчезают совершенно.

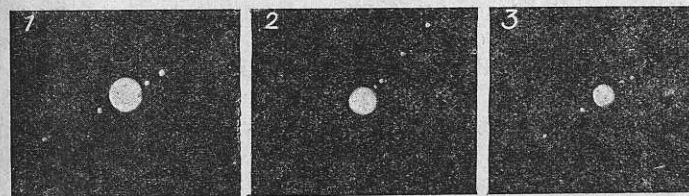


Рис. 119. Фотографии спутников Юпитера.

Снимки, полученные в фокусе трубы в 95 мм, с экспозициями в: 1 — 7 минут, обыкновенная пластинка; 2 — 2 минуты, противоореальная пластинка; 3 — 1 минута, противоореальная пластинка. (Фотографии автора; увеличение в 5,4 раза.)

Рекомендуется проследить колебания яркостей спутников, пытаясь, по возможности, связать их с положениями этих светил на их орбитах. Такие наблюдения могут производиться фотографическим путем.

Для производства этих фотографий необходимо, чтобы инструмент был смонтирован параллактически и притом достаточно надежным образом, для того чтобы возможно было удобно следовать за видимым движением во время съемки с выдержкой. С другой стороны, инструмент должен обладать фокусными расстояниями не менее 1 м, для получения изображений, на которых рассматриваемые светила были бы достаточно удалены одно от другого. Необходимость достаточно сильно увеличенного изображения оправдывается также тем обстоятельством, что блестящий диск планеты выходит увеличенным вследствие некоторой расплывчатости его контуров: если бы спутники находились на пластинке слишком близко к нему, то они могли бы

слиться с несколько расплывшимся диском. Предпочтительнее пользоваться противореольными пластинками. Фотографии, воспроизведенные на рис. 119, были получены с помощью объектива диаметром в 95 мм и фокусным расстоянием в 1,40 м. Для получения хороших результатов желательно снабдить инструмент, играющий роль фотографического аппарата, второй трубой, которая служила бы ведущей; эта труба должна быть снабжена сильным окуляром с крестом нитей, для того чтобы возможно было исправлять малейшие неправильности движения инструмента*.

Планета Сатурн

Орбита и движение Сатурна. Будучи удален от Солнца в среднем на 1420 млн. км, Сатурн, окруженный своим великолепным кольцом, обращается по эллиптической орбите. Вследствие эксцентриситета этой орбиты его расстояние изменяется от 1300 млн. до 1490 млн. км. Эта орбита огромна, и Сатурн, находящийся столь далеко от центрального притягивающего светила, движется настолько медленно, что заканчивает одно обращение только в 29 лет 167 дней. Поэтому мы видим планету, медленно перемещающейся относительно созвездий, на которые она проектируется благодаря перспективе. Вследствие этого, совершая свои годовые обращения, Земля быстро нагоняет Сатурн и становится на одну прямую с ним и с Солнцем; такое положение, называемое оппозицией планеты, повторяется каждые 378 дней.

По мере того как мы рассматриваем планеты, все более и более удаленные от Земли, различия их крайних расстояний быстро уменьшаются; видимый диаметр Сатурна между этими его положениями наибольшей близости в оппозиции и наибольшей удаленности в соединении с Солнцем изменяется лишь в пределах от 20" до 15".

Сатурн является последней планетой, видимой невооруженным глазом; яркость его заметно меньше яркостей остальных

* Американский астроном Водсворт выяснил вопрос о наиболее благоприятных отношениях диаметра отверстия объектива и фокусного расстояния для получения хороших фотографий Юпитера и других планет. Он установил, что для этого линейное отверстие объектива должно составлять $\frac{1}{85}$ его фокусного расстояния. В этом случае, с одной стороны, яркость изображения не будет слишком уменьшена и детали его будут соизмеримы с зерном пластинки, а с другой стороны, не придется вводить промежуточной увеличивающей линзы. *Прим. перев.*

ных планет. До тех пор, пока наблюдениями, произведенными сравнительно недавно, не было обнаружено существование гораздо более далеких Урана и Нептуна, Сатурн казался древним астрономам замыкающим пределы солнечной системы.

Элементы Сатурна. Сатурн, подобно Юпитеру, является огромной планетой, шар которой обнаруживает весьма заметное сжатие; величина этого сжатия составляет 0,1: экваториальный диаметр планеты равен 120 000 км,

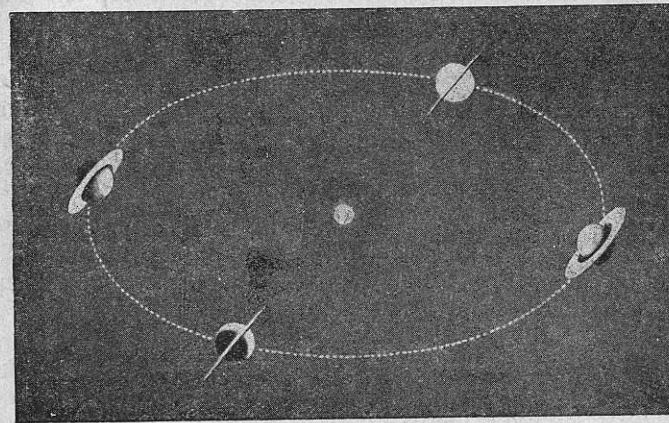


Рис. 120. В зависимости от положения Сатурна относительно Земли, его кольцо видно нам в различных перспективных положениях.

а диаметр полярный 110 000 км. Сравнительно с Землей этот мир в 9,4 раза больше и в 760 раз объемистее; но он относительно легок, потому что он обладает наименьшей плотностью из всех планет, достигающей всего лишь $\frac{3}{4}$ плотности воды.

Если Сатурн несколько меньше Юпитера по величине своего шара, то его система колец сообщает ему весьма значительные размеры в силу того, что общий диаметр колец составляет 285 000 км. Нашим взорам это целое, являющееся настоящим чудом, представляется в различных видах, меняющихся периодически. Сатурн вращается в 10^4 14^м вокруг оси, наклоненной на $26^\circ 49'$ относительно вертикали. Столь большая скорость вращения Сатурна является причиной его значительного сжатия. Так как кольцо распола-

гается в той же плоскости, что и экватор планеты, то эта система бывает видима нами в различных перспективных положениях в зависимости от ее положения на орбите (рис. 120).

Вид и строение Сатурна. Шар этой планеты обнаруживает вид, сходный с Юпитером; подобно ему, он покрыт светлыми и темными полосами. Но эти зоны зачастую менее резко выражены, а также и менее многочисленны, равно как и усеивающие их темные и светлые пятна*, менее заметны. Наблюдения этих деталей позволили установить, что эти зоны, вообще говоря, вращаются тем медленнее, чем дальше они находятся от экватора в ту или другую сторону. Край диска кажется менее яркими и как бы затуманенными, что свидетельствует о поглощении света, происходящем в верхних слоях плотной атмосферы, содержащей, подобно атмосфере Юпитера, газы, неизвестные на Земле. Сатурн также, по видимому, представляет собою еще не вполне сформировавшийся мир.

Кольцо, благодаря действию перспективы, неизменно представляющееся нам эллиптическим, обнаруживает несколько делений; выражаясь точнее, оно образовано серией концентрических зон различной окраски, отделенных друг от друга более или менее резко выраженными пустыми промежутками. Различают следующие три главные части кольца: 1) внешнее кольцо голубовато-серого цвета, обнаруживающее порою некоторую неправильность структуры; 2) среднее кольцо, белое, с менее светлыми зонами вблизи внутренней границы; 3) внутреннее кольцо, очень темное (называемое также муаровым или креповым кольцом), сквозь которое шар Сатурна слегка просвечивает**. Рис. 121 изображает эти характерные детали в правильном масштабе. Несмотря на неодинаковость своей окраски, совокупность колец кажется серебристой рядом с зеленовато-желтым шаром планеты.

Кольцо Сатурна состоит из мелких частиц, подобно миллионам спутников, обращающихся вокруг планеты по чрезвычайно близким орбитам со скоростями, убывающими

* В августе 1933 г. на Сатурне было замечено новое белое пятно огромных размеров, которое некоторым наблюдателям удавалось видеть даже в 24-дюймовую трубу. *Прим. перев.*

** Фотографическими работами, произведенными на Харьковской астрономической обсерватории Н. П. Барабашевым, было установлено, что креповое кольцо в действительности продолжается до самого шара планеты. Визуальным же наблюдениям внутренняя часть этого кольца недоступна. *Прим. перев.*

в зависимости от их расстояний согласно закону тяготения: внутренний край кольца должен заканчивать свой оборот вокруг планеты в 4 часа, а внешний край в 13 часов. Эти частицы, слишком малые для того, чтобы быть различимыми по отдельности, производят впечатление общего сплошного целого. Так же как и сама планета, кольцо кажется нам светящимся, потому что Солнце освещает образующие его элементы; и быть может, неравномерному распределению этих элементов и обязаны своим происхождением зоны неодинаковой яркости, равно как и то обстоятельство, что диск Сатурна может быть видим сквозь внутреннее кольцо.

Если эта система колец обладает значительной шириной, то толщина их близка к нулю: ее оценивают в среднем в

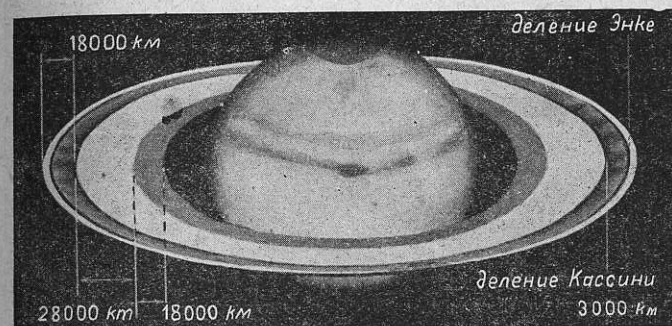


Рис. 121. Общий вид Сатурна и деления его кольца.

60 км. Поэтому, когда в определенные эпохи мы смотрим на нее точно с ребра, она исчезает. Видимость Сатурна без колец (рис. 122, сверху) повторяется каждые 15 лет. Наблюдения с помощью очень крупных инструментов позволили установить, что невидимая, но лишь угадываемая в этих условиях нить кольца обнаруживает некоторые неправильности, по видимому, указывающие на небольшие различия толщины.

Спутники Сатурна. Великолепный вид мира Сатурна дополняется свитой из девяти спутников*, известных в

* Во многих книгах по астрономии, вышедших даже в последние годы, можно встретить ошибочное указание на существование десятого спутника Сатурна — Фемиды, обращающегося в промежутке между орбитами Титана и Гипериона. Сообщение об открытии этого спутника было сделано в 1905 г. Пиккерингом, но впоследствии оно не подтвердилось. *Прим. перев.*

настоящее время. Подобно спутникам Юпитера эти светила обладают весьма неодинаковыми размерами и расстояниями от планеты. По своим яркостям все они значительно слабее

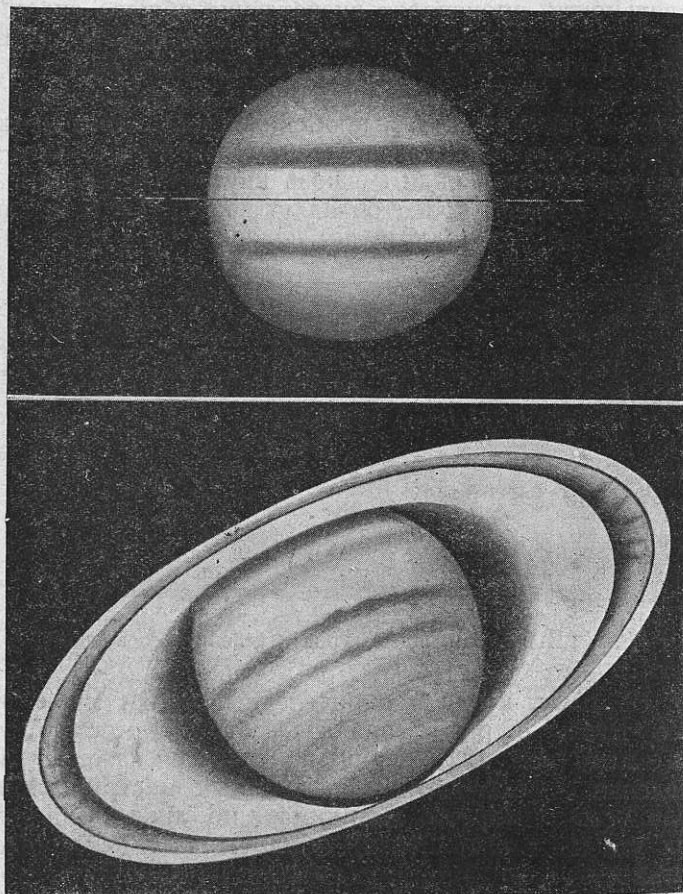


Рис. 122. Кольцо Сатурна, видимое с ребра и во время максимального его раскрытия.

спутников Юпитера. Восемь известны с давних пор, причем некоторые из них видимы довольно легко; девятый был открыт фотографическим путем В. Г. Пиккерингом в 1898 г.

Главнейшие элементы этих спутников приведены в следующей таблице.

Номера и названия	Расстояния от центра Сатурна в км	Времена обращений	Диаметры в км
I Мимас	185 500	0 ^d 22 ^h 37 ^m	650
II Энцелад . . .	238 000	1 08 53	800
III Фетида . . .	294 500	1 21 18	1300
IV Диона	377 300	2 17 41	1200
V Рея	526 800	4 12 25	1750
VI Титан	1 211 500	15 22 41	4360
VII Гиперион . .	1 480 500	21 06 38	500
VIII Япет	3 558 800	79 07 56	1800
IX Феба	12 932 000	550 11 34	250

За исключением Титана, эти спутники меньше спутников Юпитера. Подобно им, они обращаются в плоскости экватора планеты, кроме IX, движущегося по весьма сильно наклоненной орбите и притом попятным движением по срав-



Рис. 123. Орбиты спутников Сатурна.

Восемь наиболее близких изображены здесь; десятый удален гораздо значительнее.

нению с остальными. Вследствие наклонности этой системы по отношению к нам мы в перспективе в течение большей части времени видим спутники, обращающимися вокруг планеты по орбитам, кажущаяся эллиптичность которых такова же, как и кольца. Поэтому нам лишь весьма редко удастся наблюдать прохождения спутников перед диском Сатурна и затмения их; эти явления происходят только в то время, когда вся система бывает видима почти точно с ребра (исчезновение колец). Некоторые из этих спутников,

а именно Япет и Титан, обнаруживают периодические колебания яркости (Кассини уже в XVII веке заметил эти колебания яркости Япета), которые согласно моим личным наблюдениям, повидимому, указывают на то, что эти спутники обращаются около Сатурна, оставаясь повернутыми к нему всегда одной и той же своей стороной.

Наблюдения Сатурна

Относительно малый видимый диаметр (от 15" до 20") этой планеты и ее незначительная яркость являются причинами, по которым детали не могут быть различимы иначе, как с помощью достаточно сильного инструмента; однако нелишним будет заметить, что телескопические изображения Сатурна, по неизвестной точно причине, выдерживают сильные увеличения несравненно лучше изображений Марса и Юпитера.

В небольшую трубу с объективом диаметром от 35 до 50 мм, дающую увеличение в 40—50 раз, мы в благоприятную для этого эпоху увидим кольцо в виде прелестной миниатюры. Несколько более сильный инструмент от 60 до 75 мм покажет нам кольцо очень хорошо, а со стократным увеличением (если изображение весьма отчетливо) возможно в то время, как кольцо бывает достаточно открытым, различить разницу яркости внешней серой части его и внутренней яркobelой. Быть может, в исключительно благоприятных случаях удастся даже на концах кольца увидеть разделяющее эти зоны деление Кассини, которое в этих местах не скрадывается влиянием перспективы. Что же касается внутреннего темного кольца, то, для того чтобы его различить на всем его протяжении, необходима хорошая труба с объективом диаметром в 95 мм или еще лучше в 108 мм; часть его, проектирующуюся на диск планеты в виде серой линии, удастся видеть и в трубы несколько более скромных размеров. Инструменты, позволяющие различать главные деления и зоны кольца, необходимы и для того, чтобы хорошо видеть детали поверхности Сатурна, значительно менее заметные, чем детали Юпитера.

Наблюдения спутников Сатурна более затруднительны, чем наблюдения спутников Юпитера. Только пять из этих светил могут быть видимы с помощью имеющихся в нашем распоряжении инструментов: это, в порядке убывания их видимости, — Титан, Япет, Рея, Фетида и Диона,

с возможной перестановкой двух последних, весьма друг на друга похожих и притом переменных.

Небольшая труба с диаметром объектива от 40 до 50 мм дает возможность видеть Титан, а может быть, в благоприятных условиях и Япет; однако, вообще говоря, нужна труба в 75 мм диаметром для того, чтобы видеть этот последний, а равно и Рею в периоды их элонгаций. Для того же, чтобы увидеть остальные спутники, необходима труба с объективом диаметром в 95 мм.

В том случае, если представляется возможность регулярно наблюдать спутники, то интересно будет проследить колебания их яркостей в зависимости от положений, занимаемых ими на их орбитах.

Планета Уран

Орбита и движение Урана. Уран был открыт 13 марта 1781 г. великим английским астрономом Вильямом Гершелем, первоначально принявшим это светило за маленькую комету, лишенную хвоста; лишь несколько позднее было установлено, что оно является планетой, до того времени неизвестной и находящейся гораздо дальше Сатурна. Его орбита раскинулась в пространстве на огромном расстоянии в 2873 млн. км в среднем. Несмотря на свой малый эксцентриситет она обуславливает изменения расстояния от Солнца в 268 млн. км.

Уран движется очень медленно по этой огромной орбите, совершая одно обращение в течение 84 лет и 7 дней. Поэтому он, сравнительно с быстрым годичным обращением Земли, кажется нам едва перемещающимся по звездному небу: сочетание обоих этих движений обуславливает повторение оппозиций Урана через каждые 369 дней. Размеры земной орбиты столь малы по сравнению с размерами орбиты Урана, что между крайними расстояниями его от Земли существует лишь незначительная разница. Видимый диаметр этой планеты изменяется лишь в пределах от 3" до 4".

Уран, горящий подобно слабой звездочке, практически говоря, невидим простым глазом; однако, зная его точное положение, иногда удастся увидеть его на очень ясном небе невооруженным глазом.

Элементы Урана. Будучи гораздо меньше Юпитера и Сатурна, эта планета все же значительно превосходит Землю. Он обладает диаметром в 53 400 км, его шар в 4 раза больше

и в 70 раз объемистее земного. Это еще одна легкая планета, малая плотность которой близка к плотности Юпитера.

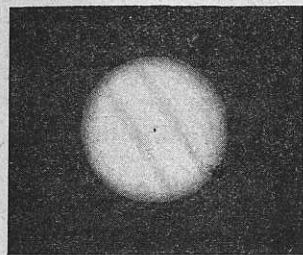


Рис. 124. Вид Урана.

Вращение планеты заключается в пределах между 10 и 12 часами, а самое вращение должно происходить вокруг оси, лежащей почти в плоскости орбиты. Такое положение должно обуславливать резко выраженную смену времен года. Быстрому вращению должно соответствовать значительное сжатие планеты, что как будто действительно и подтверждается некоторыми наблюдениями.

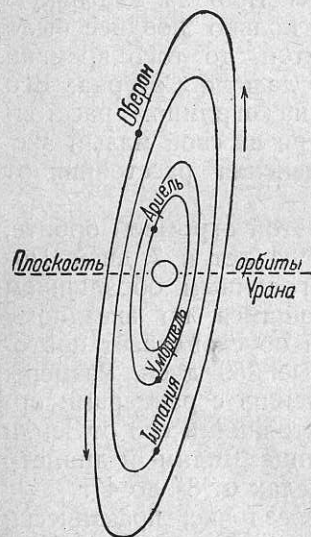


Рис. 125. Орбиты спутников Урана

В тех условиях, в которых удаётся его видеть, диск Урана обнаруживает только неясные детали, до сего времени не дающие возможности определить точное время его вращения. Фламарион показал теоретически в 1872 г., что это время должно быть близко к $10^h 40^m$, а с помощью методов спектрального анализа, приложенных к измерению скоростей источников света. Деландр, директор Медонской обсерватории, нашел, что это время вращения

заключается в пределах между 10 и 12 часами, а самое вращение должно происходить вокруг оси, лежащей почти в плоскости орбиты. Такое положение должно обуславливать резко выраженную смену времен года. Быстрому вращению должно соответствовать значительное сжатие планеты, что как будто действительно и подтверждается некоторыми наблюдениями.

Вид и строение Урана. Совокупность бледных, неясно видимых деталей, по видимому, подтверждает общее сходство этой планеты с Юпитером и Сатурном: в наилучших условиях видимости на поверхности Урана бывает видим светлый экватор, ограниченный по бокам двумя неясными серыми полосами. Этот диск зеленоватого оттенка представляется нам размытым и как бы затуманенным по краям вследствие весьма заметного потемнения его краев (рис. 124).

Путем спектрального анализа удалось установить, что плотная атмосфера этого мира содержит газы, нам неизвестные, и обладает сходным составом с атмосферами Юпитера и Сатурна.

Спутники Урана. До настоящего времени известно четыре спутника этой планеты. Два более крупных были найдены Гершелем вскоре после открытия Урана; остальные два (более близкие) были замечены Ласселем только в 1851 г.

Ниже следующая табличка дает их элементы:

Номера и названия	Расстояния от центра Урана в км	Времена обращений	Диаметры в км
I Ариэль	191 700	$2^d 12^h 29^m$	900
II Умбриэль . . .	267 100	4 03 27	700
III Титания . . .	438 200	8 16 56	1 700
IV Оберон	585 900	13 11 07	1 500

Движения этих спутников совершаются по орбитам, плоскость которых почти перпендикулярна к плоскости орбиты планеты (рис. 125); вследствие такого взаимного расположения орбит, движения эти кажутся совершающимися в попятном направлении, т. е. в направлении, противоположном направлению движения спутников остальных планет.

До сего времени мы еще не располагаем достоверными данными относительно размеров этих небесных тел, представляющихся нам только в виде точек. Однако позволительно думать, что они обладают достаточно малыми диаметрами. Они могут быть видимы лишь с помощью очень сильных инструментов.

Наблюдения Урана

Для того чтобы иметь возможность найти Уран среди звезд, между которыми он теряется, необходимо знать его точное положение; небольшие карты, весьма удобные для этой цели, даются во французском «Ежегоднике» Фламариона*.

Наблюдаемый в инструмент, дающий увеличение по крайней мере в 50 раз, Уран покажется светящейся точкой, характер более спокойного блеска которой позволит

* Аналогичные карты видимых путей Урана и других планет даются в выходящей ежегодно переменной части Русского астрономического календаря. *Прим. перев.*

отличить ее от мерцающих соседних звезд. Стократное увеличение покажет его большой размытой и неясной точкой, или, вернее говоря, пятнышком, ясно показывающим, что мы имеем дело с небольшим диском планеты. Для того чтобы различить этот диск отчетливо, необходимы инструменты, свободно дающие увеличения в 150, 200 и 250 раз. Было бы интересно, внимательно следя за этой планетой, отмечать колебания ее яркости, которые, быть может, удастся заметить*. Никаких иных наблюдений со скромными средствами астронома-любителя произведено быть не может.

Планета Нептун

Открытие Нептуна. Не существует более красивого примера мощи математического анализа, чем открытие Нептуна, навеки прославившее имя ученого французского астронома Леверрье.

После открытия Урана было замечено, что движение этой планеты обнаруживает заметные неправильности; последовательные ее положения, предвычисленные для ее движения по орбите, не совпадали с наблюдаемыми положениями. В движении планеты, обращение ее по орбите, зависящее от меняющегося ее расстояния от Солнца, играет не единственную роль; притяжениями, оказываемыми соседними планетами, вызываются возмущения. Так как влияний Юпитера и Сатурна оказалось недостаточно для объяснений возмущений видимого движения Урана, то их приписали влиянию дотоле еще неизвестной планеты, определение элементов которой и предпринял Леверрье.

Вычисления, необходимые для этого определения, были чрезвычайно сложны и потребовали более года работы. Исходя от провизорно допущенной орбиты, так как для начала вычислений необходимы были какие-нибудь числовые данные, Леверрье шаг за шагом удалось вычислить более точную орбиту, на которой планета должна была занимать такое-то положение и обладать такой-то массой для того, чтобы удовлетворить условиям поставленной проблемы. 31 августа 1846 г., сообщая этот результат Французской академии наук, ученый астроном указал, на какую

точку неба нужно направить телескоп, чтобы увидеть эту неизвестную планету. Астроном Галле на Берлинской обсерватории впервые увидел на небе Нептун 23 сентября того же года в месте, указанном Леверрье.

Нисколько не умаляя славы Леверрье, следует добавить, что аналогичные вычисления были выполнены несколько раньше Адамсом, молодым английским студентом Кембриджского университета. Однако директор Гриничской обсерватории, которому эти вычисления были сообщены, не обратил на них должного внимания; опубликование результатов Леверрье извлекло их из забвения, и тогда убедились, что они приводили к тому же результату.

Орбита и движение Нептуна. Среднее расстояние Нептуна от Солнца равно 4501 млн. км. Орбита этой планеты почти в точности круговая.

Для совершения этого чрезвычайно длинного пути вокруг центрального светила планета Нептун затрачивает 164 года 280 дней; со времени своего открытия она проделала еще только половину этого пути. Ее видимое перемещение настолько медленно, что из года в год она кажется едва меняющей свое положение. При таких условиях оппозиции повторяются каждые 367 дней.

Изменения видимого ее диаметра близки к нулю.

Элементы Нептуна. Шар Нептуна обладает диаметром в 54 400 км, т. е. он в 4,3 раза больше и в 78 раз объемистее Земли. Плотность веществ, составляющих его, незначительна и притом весьма близка (0,21) к плотностям остальных больших планет.

Время вращения Нептуна не удалось определить в точности. Согласно новейшим спектроскопическим определениям, оно, по видимому, близко к 16 часам.

Вид и строение Нептуна. Очень маленький диск и малая его яркость на таком расстоянии от Солнца не дают возможности производить сколько-нибудь точных наблюдений его вида (рис. 126). Лишь неясные очертания полос были замечены американским астрономом Т. Си. Эти очертания, наряду с результатами спектрального анализа, свидетельствуют о наличии на Нептуне атмосферы, содержащей неизвестные нам газы, подтверждают близкое родство его с Юпитером, Сатурном и Ураном.

Спутник Нептуна. До настоящего времени известен только один спутник Нептуна; он был открыт Ласселем в 1846 г. В виде слабой светящейся точки видим он обращающимся

* Московскому астроному П. П. Паренаго на основании собственных наблюдений яркости Урана, произведенных им в 1922—1926 гг., удалось установить период колебаний яркости этой планеты равный $10^{\text{h}} 49^{\text{m}} 14^{\text{s}}$.
Прим. перев.

попятным движением в течение $5^h 21^m 33^s$ по сильно наклонной орбите, на расстоянии в 353 700 км от центра планеты.

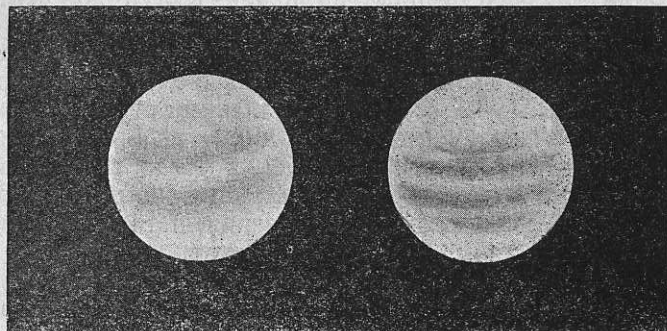


Рис. 126. Вид Нептуна.
По наблюдениям Си (1919 — 1920).

Этот спутник не обладает «официальным» именем. Фламарион весьма остроумно предложил назвать его Тритоном.

Наблюдения Нептуна

Нептун представляется лишь слабой звездочкой, теряющейся среди множества неподвижных звезд; его легко удастся отличить от них только путем сравнения положений при помощи вышеупомянутых небольших карт (см. «Наблюдения Урана»).

Для того чтобы различить его, нужна труба с объективом диаметром в 50 мм. Однако для того, чтобы увидеть его в виде маленького диска, необходимо увеличение по меньшей мере в 200 раз (труба в 95 или 108 мм). Нептун представляет собою как бы копию Урана в уменьшенном масштабе; однако Уран обладает более резко выраженным голубовато-зеленым оттенком. Наблюдения его любопытны, но и только.

Планета Плутон *

Открытие Плутона. Ярким примером плодотворности коллективного метода работы в астрономии является история открытия Плутона. Задача, на разрешение которой нехватило жизни больше всех потрудившемуся над ней

* Раздел о Плуtone составлен переводчиком.

американскому астроному Ловеллу, была успешно завершена продолжателями его работ на созданной им Флагстафской обсерватории в Аризоне.

После того как движение Нептуна обнаружило отклонения от теории, совершенно естественным образом возникла и мысль о существовании еще одной планеты, которая должна была находиться дальше Нептуна. В пользу этого предположения говорило и то обстоятельство, что отклонения движения Урана не удавалось удовлетворительным образом объяснить возмущениями, оказываемыми Нептуном и другими известными планетами.

Несколько астрономов, исследовавших возмущения видимых движений Урана и Нептуна, пытались вычислить орбиту и элементы неизвестной планеты, подобно тому, как в свое время это сделали Леверрье и Адамс. Однако вследствие незначительности наблюдавшихся отклонений результаты получались ненадежные, и открыть новую планету долгое время не удавалось.

Наиболее обстоятельная работа в данном направлении была произведена Ловеллом, имя которого приобрело широкую известность как наблюдателя каналов Марса. Труд Ловелла, содержащий его вычисления, был опубликован в 1915 г., и с тех пор велись упорные, но до недавнего времени безрезультатные поиски занептунной планеты. Они затруднялись тем, что предполагаемая яркость ее должна была являться 12 — 13-й звездной величины, а скорость видимого движения 2 — 3" в час.

В 1929 г., через 13 лет после смерти Ловелла, на руководившей им обсерватории был установлен новый мощный телескоп с объективом в 330 мм. В том же году при помощи него началось систематическое фотографирование широкого пояса звездной сферы вблизи эклиптики с целью поисков предсказанной Ловеллом планеты. Повторяемые через известные промежутки снимки каждой области этой зоны сравнивались между собой попарно с помощью специального инструмента, облегчавшего поиски изображения искомой планеты.

13 февраля 1930 г. сотрудник Ловелловской (Флагстафской) обсерватории Томбаф, незадолго до этого поступивший на обсерваторию и проводивший эту работу по сравнению снимков, обнаружил слабое изображение какого-то медленно перемещающегося небесного тела в $3\frac{1}{2}^\circ$ от места, предсказанного для занептунной планеты Ловеллом.

С этого дня открытое светило стало непрерывно наблюдаться на той же обсерватории Лампландом и братьями Слайфер. Убедившись в реальности сделанного Томбафом открытия занептунной планеты, Ловелловская обсерватория 12 марта телеграфно сообщила о нем.

После этого новую планету разыскиали на нескольких снимках, сделанных на Иеркской, Моунт-Вильсоновской и Гейдельбергской обсерваториях за годы 1914—1927. Это позволило ряду астрономов вычислить орбиту новой планеты, не дожидаясь накопления последующих данных. Эти вычисления неопровержимо показали, что открытое на Ловелловской обсерватории светило действительно является предсказанной Ловеллом девятой большой планетой, а не кометой, как это предполагали некоторые наблюдатели. По предложению астрономов Ловелловской обсерватории новой планете было присвоено название Плутона и обозначение в виде монограммы из двух латинских букв *PL* в честь Персиваля Ловелла, труд которого тем самым был доведен до донца*.

Орбита и движение Плутона. Орбита Плутона, изображенная на рис. 22 (стр. 38), оказалась весьма замечательной. В перигелии он подходит к Солнцу ближе Нептуна, а в афелии удаляется от Солнца на 7475 млн. км. Среднее расстояние Плутона от Солнца составляет 5915 млн. км. Эксцентриситет орбиты Плутона, превосходящий эксцентриситеты всех остальных больших планет, составляет 0,25.

Почти два с половиной века (248 лет 229 дней) требуется для того, чтобы Плутон закончил одно обращение по своей огромной орбите. Видимое перемещение его поэтому чрезвычайно незначительно.

Другой замечательной особенностью орбиты Плутона является значительное ее наклонение к плоскости эклиптики, составляющее 17° , — тоже гораздо большее, чем у остальных больших планет. Благодаря этому значительному наклонению Плутон не только не может столкнуться с Нептуном, но не может и приблизиться к нему ближе чем на 448 млн. км.

Элементы Плутона и вид его в телескоп. При наблюдениях Плутона в сильнейшие телескопы у него не удалось

* Более подробные сведения об открытии Плутона содержатся в статье М. А. Борчева «Планета за Нептуном», напечатанной в переменной части Русского астрономического календаря на 1931 г., и в книжке Б. А. Воронцова-Вельяминова «Новооткрытая планета Плутон», ГТТИ, 1932. *Прим. перев.*

заметить никакого диска, вследствие чего измерить диаметр его шара не удалось. О размерах планеты возможно судить только на основании косвенных соображений. Яркость планеты равна 15-й звездной величине. Зная эту его яркость, его расстояние от Солнца и допуская, что поверхность Плутона отражает солнечный свет так же, как поверхность Марса, мы можем считать, что новая планета меньше Земли примерно вдвое и по величине сравнима с Марсом или даже с Меркурием. Масса, а следовательно, и плотность Плутона неизвестны. Совершенно неясным является также и вопрос о вращении планеты.

Представляясь нам столь слабой звездочкой, видимой только в сильнейшие телескопы, Плутон совершенно недоступен для любительских наблюдений. Малая яркость его послужила одной из причин первоначальной безуспешности долгих поисков этой планеты, ведшихся в предположении, что яркость его должна равняться 12—13-й звездной величине.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

КОМЕТЫ

Кометы всегда привлекали внимание людей. Чаще всего они становятся видимыми неожиданно и обладают видом, не могущим не привлечь к себе даже наиболее безразличных взоров. Кроме того, народное воображение, в прошлом всегда падкое до всего таинственного, хотело под влиянием религиозных суеверий видеть в их появлении знамения небесного гнева или провозвестников грядущих страшных событий. Мы же будем рассматривать их только в качестве небесных светил, хотя и являющихся в действительности наиболее загадочными, но тем не менее подчиненных, подобно всем остальным, великим законам природы. Подобно планетам, кометы обращаются вокруг Солнца; однако мы не можем сосчитать, в каком именно количестве. Все, что мы об этом знаем, сводится к тому, что кометы весьма многочисленны; Кеплер оригинально высказался на этот счет, сказав, что комет на небе столько же, сколько рыб в воде.

Орбиты и движения комет. Орбиты, пробегаемые кометами около Солнца, отличаются от планетных орбит тем, что они являются чрезвычайно вытянутыми эллипсами; настолько вытянутыми, что в некоторых случаях они даже превращаются в иную геометрическую фигуру: в параболу, представляющую собою эллипс с бесконечной осью. Различают еще и третий вид кривой, гиперболу, обе ветви которой также уходят в бесконечность. Ограниченные рамки этих страниц, столь элементарно излагаемых, не позволяют остановиться здесь на вопросах небесной механики и изложить причины, по которым кометные орбиты относятся к той или другой из этих геометрических фигур, изображенных на рис. 127. Эти различные кривые имеют почти одинаковый вид (кривизну) около их вершины; это иной раз затрудняет решение вопроса о том, является ли орбита какой-нибудь кометы параболой или чрезвычайно сильно вытянутым эллипсом.

Тем не менее некоторые кометы обладают несомненно эллиптическим движением, заставляющим их регулярно

появляться вновь. Комета, движущаяся по гиперболической или параболической орбите, может быть видима только один раз, прилетая из глубин бесконечности и возвращаясь туда же, обогнув Солнце. Практически говоря, также обстоит дело и с кометами, движущимися по настолько сильно вытянутым эллиптическим орбитам, что продолжительности их обращений исчисляются тысячами или даже миллионами лет.

Орбиты комет не неизменны. Пересекая во всех направлениях орбиты планет, кометы, вследствие притяжений, оказываемых этими последними, пролетая вблизи них, испытывают значительные возмущения, способные видоизменять их орбиты. Влияние огромной массы Юпитера при этом преобладает, вследствие чего планета эта «захватила» много комет, двигавшихся по орбитам параболическим и весьма сильно вытянутым эллиптическим, и за-

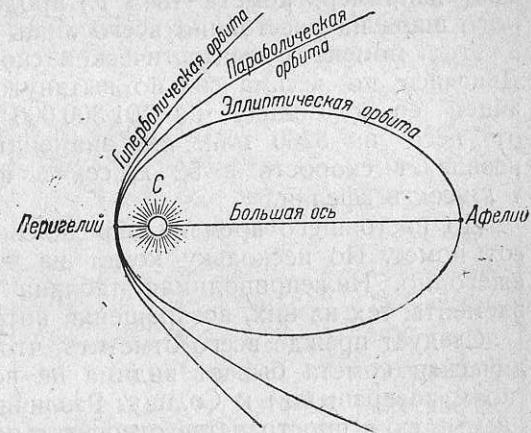


Рис. 127. Различные формы кометных орбит.

ставила их сделаться короткопериодическими светилами, движущимися по небольшим орбитам*. Случаются и обратные явления: некоторые кометы, входившие в состав солнечной системы, были отклонены с их обычных путей и брошены по новым траекториям.

* В противовес этой до последнего времени общепринятой теории захвата московский астроном С. К. Всеxсвятский в 1933 г. выдвинул собственную теорию противоположного характера, вызвавшую за границей чрезвычайно большой интерес. Согласно этой теории, названной им теорией извержения, короткопериодические кометы должны были образоваться в результате мощных процессов извержения на поверхностях главным образом Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна, а также, вероятно, и Солнца. Подтверждение своей теории С. К. Всеxсвятский видит в недолговечности короткопериодических комет, из общего числа 57 которых (с периодом меньше 15 лет) только 35 комет еще могут наблюдаться. Эта теория опубликована в № 1 «Астрономического журнала» за 1933 г. Прим. перев.

Каков бы ни был характер орбиты, ее форма влечет за собою значительные изменения скорости, обусловливаемые различиями расстояний от Солнца. Прежде всего по таким орбитам кометы движутся быстрее планет, находящихся на таком же расстоянии от Солнца. В то время как Земля обращается со скоростью 30 км/сек, комета, удаленная от Солнца на такое же расстояние, движется по своей орбите со скоростью 42 км/сек. Огибая центральное светило во время прохождения их через перигелий, очень близкий от Солнца, кометы движутся с огромными скоростями. Так, например, комета 1843 г., пролетевшая мимо солнечного шара на расстоянии всего лишь в 125 000 км, неслась в этот момент с фантастической скоростью в 550 км/сек. Двигаясь по весьма сильно вытянутой орбите, приближающей ее к Солнцу на 101 300 000 км и удаляющей ее от него на 5260 млн. км, знаменитая комета Галлея развивает скорость в 52 км/сек в перигелии и только в 1 км/сек в афелии.

До настоящего времени определены орбиты нескольких сот комет. По нескольким комет из числа их наблюдается ежегодно. Нижеприводимая таблица* (см. стр. 217), дает элементы тех из них, возвращения которых наблюдались.

Следует прежде всего отметить, что какая-нибудь периодическая комета бывает видима не во время каждого из своих возвращений к Солнцу. Различные положения, занимаемые ею в пространстве относительно нас при ее прохождении, могут быть таковы, что она, практически говоря, станет недоступной наблюдению в том случае, если она будет находиться в кажущемся соседстве с дневным светилом.

Из всех периодических комет, одна лишь комета Галлея, столько заставившая говорить о себе в 1910 г., и которую мы увидим снова лишь в 1986 г., может явить собою красивое зрелище; некоторые из ее предшествующих появлений прославились в истории. Остальные ее сестры, гораздо более скромные, относятся к категории телескопических комет, называемых так потому, что для того чтобы увидеть их, необходим инструмент (так же как и для наблюдения огромного большинства непериодических комет). Очень красивые кометы редки, но мы во всякое время можем

* Перепечатывается из переменной части Русского астрономического календаря на 1933 г. Первоначально она была помещена в Бельгийском астрономическом ежегоднике на тот же год. *Прим. перев.*

№	Названия	Время обращения в годах	Расстояния от Солнца *		Годы первого появления	Число наблюдений в возвращении	Срок ближайшего прохождения через перигелий
			в перигелии	в афелии			
1	Энке	3,30	0,34	4,09	1786	37	1934, октябрь
2	Григга-Скеллерупа .	4,99	0,89	4,95	1902	2	1937, май
3	Темпеля (2)	5,17	1,32	4,87	1873	7	1935, декабрь
4	Неуймина	5,41	1,34	4,83	1916	2	1937, ноябрь
5	Брорсена (1)	5,46	0,59	5,61	1846	4	1933, »
6	Темпеля—Л. Свифта	5,68	1,15	5,21	1869	3	1937, апрель
7	Виннеке	5,89	0,97	5,55	1819	10	1933, май
8	Де-Вико—Э. Свифта	6,40	1,67	5,22	1678	2	1933, январь
9	Перрайна	6,45	1,17	5,76	1896	2	1935, сентябрь
10	Темпеля (1)	6,54	2,09	4,90	1867	2	1938, январь
11	Джиакобини	6,57	0,99	6,02	1900	2	1933, июнь
12	Копфа	6,58	1,70	5,32	1906	2	1939, апрель
13	Д'Арреста	6,64	1,34	5,62	1851	8	1937, январь
14	Биэлы	6,69	0,88	6,22	1772	5	1939, август
15	Финлея	6,84	1,06	6,15	1886	4	1933, июнь
16	Холмса	6,86	2,12	5,10	1892	2	1933, август
17	Борелли	6,93	1,40	5,87	1904	3	1939, сентябрь
18	Брукса	7,10	1,96	5,43	1889	4	1939, ноябрь
19	Фея	7,44	1,66	5,97	1843	9	1940, июнь
20	Шомасса	7,99	1,17	6,82	1911	2	1935, ноябрь
21	Вольфа	8,28	2,43	5,75	1884	5	1934, февраль
22	Теттля	13,54	1,03	10,33	1790	6	1939, ноябрь
23	Понс-Форбса	28,66	0,75	17,98	1818	2	1957, июнь
24	Вестфаля	61,73	1,25	29,98	1852	1	1975
25	Понс-Брукса	71,56	0,78	33,70	1812	1	1955
26	Брорсена (2)	72,10	0,49	34,15	1847	1	1991
27	Ольберса	72,65	1,20	33,62	1815	1	1960
28	Галлея	76,02	0,59	35,32	240	27	1986

* Расстояния выражены по сравнению с расстоянием Земли от Солнца, принятым за 1.

ожидать их появления; это вполне понятно после того, что было сказано о движении этих светил, внезапным образом появляющихся из недр пространства.

Вид комет. На старых рисунках кометы обычно изображались в виде звезды с тянущимся за ней длинным хвостом. Стараясь дать общие определения, мы должны сказать, что такой вид не является обязательным. Эти светила обнаруживают слишком большое разнообразие, для того

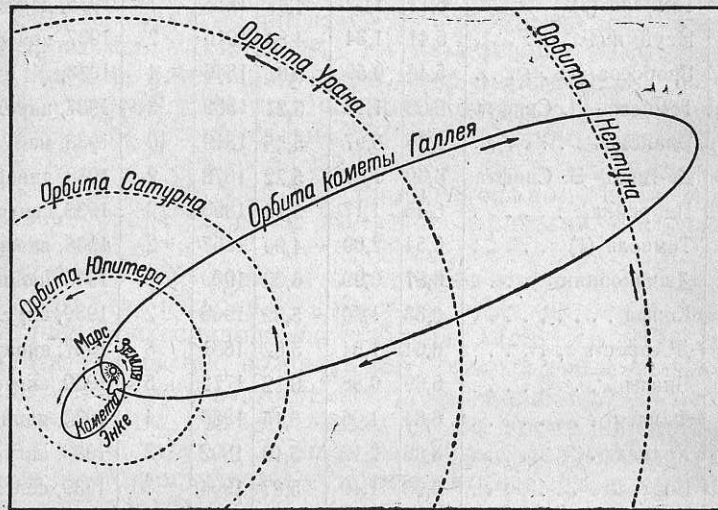


Рис. 128. Орбиты периодических комет.
Самая короткая — кометы Энке и самая длинная — кометы Галлея.

чтобы возможно было дать общее их описание; но тем не менее все они обладают общей природой, придающей им вид более или менее разреженных туманностей.

Многие кометы бывают видимы только в виде небольших шарообразных масс с неотчетливыми контурами; иногда они обладают удлинением, напоминающим недоразвившийся хвост. В центре кометной массы наблюдается сгущение, более или менее резко выраженное и порою приобретающее вид небольшого ядра. В некоторых кометах ядро было видимо в виде резко очерченного яркого диска.

Туманность, окружающая ядро, образует собою кому, называемую также головой кометы в том случае, если она обладает также и хвостом. В ней зачастую наблю-

даются светлые струйки или истечения, загибающиеся назад и теряющиеся в хвосте, являющимся продолжением головы. Хвост бывает то едва обозначившимся, узким и плохо видимым, то мощно развившимся; в последнем случае он приобретает вид блестящего пучка, похожего на луч огромного электрического прожектора. Наблюдались хвосты и абсолютно прямые, и изогнутые. Хвост кометы Донати в 1858 г., являвшийся изогнутым, сопровождался двумя вто-



Рис. 129. Большая комета 1843 г.

ричными хвостами, напоминавшими две эгретки (рис. 130). Комета 1744 г. обладала хвостом, состоявшим из ряда лучей и напоминавшим по своему виду огромный веер.

Было бы ошибкой полагать, что комета тянет хвост за собою. В действительности он всегда бывает направлен от Солнца. Он движется в пространстве, непрестанно меняя свою ориентировку и направление своего движения (рис. 132). Прежде чем коснуться гипотез, предложенных для объяснения этих странных образований, приведем несколько цифр, дающих представление о тех огромнейших размерах, которых они порою могут достигать. Комета Донати обладала длиной в 85 млн. км. Длина кометы 1680 г. достигала 240 млн. км, но рекорд был достигнут, повидимому, кометой 1843 г. (рис. 129), фантастическая длина которой составляла 320 млн. км, т. е., иными словами, превышала диаметр земной орбиты.

Головы комет также обладают внушительными размерами; в этом отношении комета 1811 г. по своим размерам превосходила Солнце. Диаметр головы кометы Галлея составляет около 600 000 км. Периодическая комета Энке



Рис. 130. Комета Донати в 1858 г.

(рис. 131), лишенная хвоста, представляет собою шарообразную массу диаметром приблизительно в 425 000 км.

Состав комет. Характерной особенностью этих странных светил, обладающих огромными размерами, является их чрезвычайно незначительная масса. Это дало повод Бабинэ остроумно охарактеризовать их как «видимое ничто».

Не доходя до такой оценки, мы тем не менее можем считать, что кометы, по своему виду напоминающие разреженные туманности, состоят из элементов, находящихся в чрезвычайно разреженном состоянии. Средняя плотность комет, повидимому, в 9000 раз меньше плотности земной атмосферы.

Итак, за исключением ядер (о которых мы, по правде говоря, знаем очень мало), кометы не являются твердыми телами.

Свет, испускаемый ими, двойного происхождения: отраженный и рассеянный солнечный свет, с одной стороны, и собственный свет — с другой.

Спектральный анализ, позволивший сделать это заключение, обнаружил наличие в кометах смеси газов: циана, углеводородов и окиси углерода. Эта газовая среда, повидимому, содержит во взвешенном состоянии бесчисленное количество твердых частиц, отражающих и рассеивающих солнечный свет. Совокупность их образует то, что мы называем ядром.

Вооруженная этими данными, современная астрофизика объясняет образование кометных хвостов явлением лучевого давления, оказываемого на их составные части. Попробуем объяснить это явление в нескольких словах. Твердые частицы, меньшие определенного (и притом чрезвычайно малого) размера, не ведут себя, подобно обыкновенным телам, испытывающим притяжение Солнца. Воздействие последнего сказывается тогда в противоположном направлении, и излучения, световые или какие-либо другие, испускаемые им в пространство, отталкивают частицы, подобно мощному дуновению. Таким образом, в то время как вся масса кометы испытывает притяжение, заставляющее ее обращаться по своей орбите, отдельные наиболее

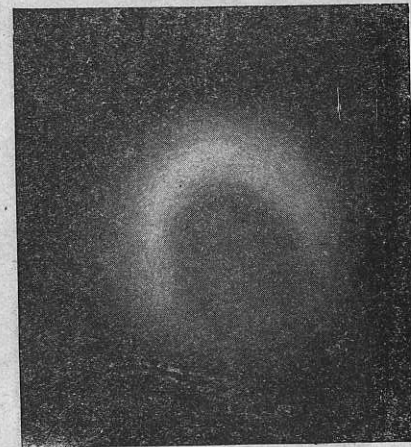


Рис. 131. Периодическая комета Энке.
(Тип кометы без хвоста.)

мелкие ее частицы отбрасываются вдаль лучевым давлением. Деландр предполагает, что сходное действие оказывают и катодные лучи. Такие объяснения лучше всего согласуются с наблюдаемыми явлениями: кометы и их хвосты, обращенные от Солнца, постепенно развиваются все сильнее по мере их приближения к последнему.

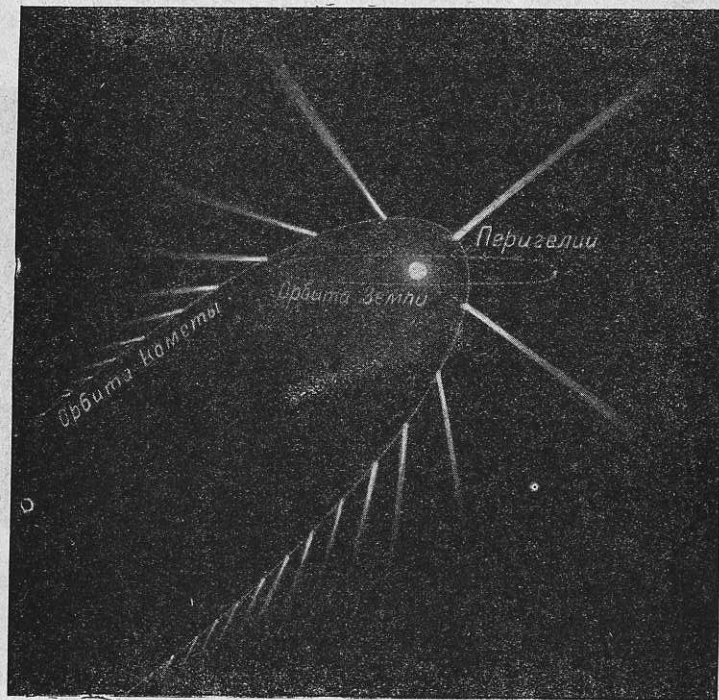


Рис. 132. Движение кометы и последовательные положения ее хвоста, неизменно обращенного от Солнца.

Эта точка зрения подтверждается различного рода наблюдениями. Измерения скоростей посредством спектрального анализа установили наличие быстрых движений от головы к оконечности хвоста. При этих исследованиях значительную помощь оказала фотография. Свет комет богат лучами, действующими на светочувствительную пластинку гораздо сильнее, чем на наш глаз: на снимках удавалось различать отдельные детали структуры, не доступные

окулярным наблюдениям. Удалось также подметить быстрые превращения и перемещения (рис. 134), согласующиеся с этой гипотезой движения составных частей кометы от головы к хвосту.

Как бы там ни было, кометы в силу своего строения, по-видимому, подвержены возможностям видоизменений и даже распада. Последнее, кажется, именно и произошло с периодической кометой Биэлы, открытой в 1826 г. и возвращавшейся каждые 6 лет. В 1846 г. она казалась «переломившейся» на две части, образовавшие две отдельные кометы, двигавшиеся друг за другом; во время следующего своего возвращения в 1852 г. они сильно удалились одна от другой и приобрели различный вид. Еще раз их видели в 1866 г. Но с этого времени части кометы Биэлы не были наблюдаемы ни разу; по всей вероятности они распались в свою очередь, о чем мы еще поговорим в следующей главе, касаясь падающих звезд, по-видимому образовавшихся в результате такого распада.

Отметим еще, что периодическая комета, открытая Бруксом в 1889 г., сопровождалась четырьмя фрагментами или вторичными кометами, исчезнувшими при последующем ее возвращении в 1895 г.

Этот очерк, слишком короткий для столь сложных вопросов, все же показывает, в какой степени эти светила являются еще глубоко загадочными.

Кометы и Земля. К суеверному ужасу, порождаемому появлением комет, рассматриваемых в качестве зловещих предзнаменований, впоследствии прибавился еще и страх перед столкновением их с Землей. Это произошло тогда,

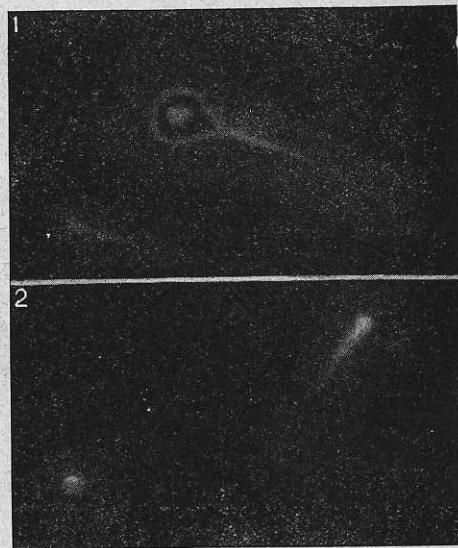


Рис. 133. Распад кометы Биэлы.
1 — вид в 1846 г. по Струве; 2 — вид во время ее возвращения в 1852 г. по Секки.

когда после точного определения путей этих светил выяснилось, что орбиты их, распределенные во всех направлениях, пересекаются с орбитой Земли. И много оказалось тех, которые, принимая орбиту за нечто материальное, восприняли возможность такого столкновения как перспективу неотвратимой катастрофы! Однако пересечение орбит само по себе еще не является катастрофой; оно обуславливает лишь возможность ее, и ничего больше. Если мы на земной



Рис. 134. Комета Морхауза.

Фотография, сделанная на обсерватории Иеркса Барнардом 16 ноября 1908 г.

поверхности часто видим сходного рода столкновения, то это происходит только потому, что экипажей, движущихся на колесах, много. Но в пространстве шансы того, чтобы Земля и какая-нибудь комета совершенно одновременно достигли бы той точки, где их орбиты пересекаются, более чем минимальны; впрочем полной одновременности в силу значительности размеров комет в данном случае не требуется. Если бы рассматриваемые светила находились лишь одно поблизости от другого, то могло бы случиться, что мы встретились бы лишь с хвостом кометы. И действительно, в 1861 г. и позднее, в 1910 ., такие встречи; повидимому, имели место; по крайней мере некоторые

астрономы утверждают это, в то время как другие сомневаются в реальности этого факта. Во всяком случае, если эти явления действительно имели место, их следует рассматривать как доказательство крайне разреженного состояния составляющих кометы элементов, не способных оказать никакого влияния на наш земной шар. Но так же ли будет обстоит дело при прямом столкновении с центром какой-нибудь кометы, с тем, что мы называем ядром? На этот вопрос, при отсутствии точных сведений о составе этих ядер, ответить весьма затруднительно. Может быть, мы не увидим ничего, кроме блестящего фейерверка, вызванного пылинками и частицами, сгорающими в нашей атмосфере (см. следующую главу); в худшем случае можно предположить, что мы претерпим местную бомбардировку твердыми частями, которые, в случае если бы они достигали веса в несколько тонн, могли бы произвести серьезные разрушения и опустошения в поражаемых районах. Но во всяком случае не приходится предполагать возможности «конца света», каковое выражение досадным образом слишком часто употребляется для обозначения такого явления.

Наблюдения комет

Визуальные наблюдения. Прежде достаточно было обладать терпением и регулярно обозревать небо, для того чтобы быть в праве надеяться открыть новую комету, особенно после долгого периода ненастной погоды, препятствовавшей работе обсерваторий. Таким именно образом была открыта большая комета 1881 г. Теббутом в Виндзоре (Южная Новая Галлия). Однако теперь положение вещей существенно изменилось.

Прежде всего, по мере того как астрономы-любители становятся более многочисленными, шансы каждого из них значительно уменьшаются. Но, что еще важнее, за кометами теперь ожесточенно охотятся и все астрономы-специалисты, столь же опытные, сколь и упорные, непрестанно фотографирующие глубины мироздания. Благодаря этому кометы обычно регистрируются раньше, чем они становятся доступными человеческому взору. Красивые кометы, видимые невооруженным глазом, редки, и задолго до достижения ими этой фазы своего развития они имеют все шансы быть «пойманными» вышеуказанным способом. Однако такое светило может появиться почти совершенно неожиданно перед

восходом или после заката Солнца в том случае, если во время своего приближения оно казалось движущимся вблизи дневного светила. Для того чтобы иметь некоторые шансы произвести такое открытие, следовало бы внимательно обозревать небо во время вечерних и утренних сумерек.

Наличие инструмента и особенно применение фотографии, как мы это увидим дальше, несколько повышает эти шансы. Если мы осуществляем работу путем окулярных наблюдений, достаточно иметь терпение и добросовестно обозревать небо во всех направлениях, не упуская из вида ничего необычного. Для этого трубу или телескоп следует снабдить окуляром с большим полем зрения, т. е. возможно более светосильным. Кроме того, необходимо иметь под рукой хорошую звездную карту или атлас, для того чтобы иметь возможность ориентироваться в необходимых случаях, а также знать положения главных туманностей, с тем чтобы не предаваться слишком поспешным и обманчивым радостям. Наиболее надежным отличительным признаком комет является более или менее быстрое видимое их движение (за чрезвычайно редкими исключениями), которое обычно удается отметить самое большее в течение нескольких часов. Это перемещение замечается нами относительно положений мелких соседних звезд, перед которыми видима комета.

В случае открытия всегда следует попытаться возможно более точно отметить положение кометы с помощью звездной карты и сообщить новость ближайшей обсерватории.

Для простых наблюдений этих светил также выгодно иметь возможно более яркие изображения, даваемые слабыми окулярами с большим полем зрения; такой именно окуляр зачастую бывает необходим и в силу самых размеров объекта. Для того чтобы разглядеть их бледное и порою столь неясное, особенно у оконечности хвоста, свечение, полезно наблюдать их, слегка отводя взгляд в сторону, как это уже было указано по поводу наблюдений зодиакального света. Однако существуют кометы, достаточно яркие для того, чтобы не нужно было прибегать к этому приему. Вид таких комет поистине великолепен.

Рисунки комет выполняются или в соответствии с действительным их видом, пользуясь для этого порошком белой пастели, наносимым кистью на черную матовую бумагу (причем яркое ядро обозначается пятном белой акварельной краски — гуаши); или же делается, так сказать, темный

негативный рисунок растушевкой на белой бумаге. Последний способ для производства зарисовок, не отходя от инструмента, практичнее*.

Фотографирование комет. В силу того, что свет комет исключительно богат лучами, сильно действующими на светочувствительную пластинку, использование даже наиболее скромных фотографических средств позволяет получать весьма интересные результаты. Следует пользоваться аппаратом (с объективом насколько возможно более светосильным и дающим обширное поле зрения), смонтированным на трубе с параллактическим штативом, что дает возможность производить съемки с достаточной продолжительностью экспозиции, в зависимости от яркости светила. Весьма важно

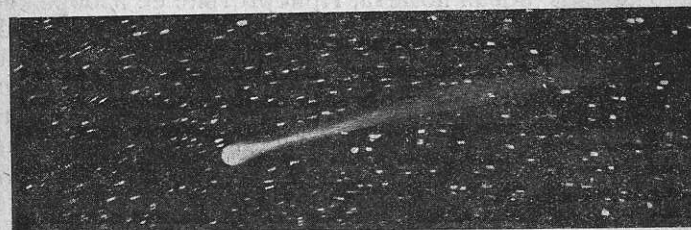


Рис. 135. Фотография кометы Брукса (1911 г.).

Снимок, произведенный аппаратом с объективом в 4 см., смонтированным на экваториально установленной трубе, движимой рукой. (Фотография автора; экспозиция 1^ч 30^и.)

все время иметь в виду тот факт, что комета независимо от общего движения, увлекающего ее вместе со всеми звездами неба, обладает еще и независимым собственным движением. Вследствие этого она перемещается относительно звезд, иной раз довольно быстро. Наводка искателя должна осуществляться на комету, за движением которой во время съемки нужно следовать, поворачивая инструмент. Перемещение кометы относительно звезд обусловит растяжение изображений звезд на пластинке в более или менее длинные черточки. Работая с правильно установленным экваториалом,

* Чрезвычайно большую ценность представляют наблюдения общей яркости комет, производимые в бинокль или в трубу, слегка сведенной с установки на фокус. Яркость кометы нужно сравнивать с яркостями ближайших звезд. Таким путем удастся добиться сходства вида кометы и звезд, что значительно облегчает сравнение их яркостей. Не менее важны наблюдения над яркостью кометных ядер, которые необходимо производить при обычной наводке на фокус и притом только в трубу. *Прим. перев.*

легко непрерывно следовать за меняющей свое положение кометой при помощи микрометрического винта; при пользовании же простым инструментом, поворачиваемым прямо рукой, нужны большая аккуратность и терпение для того, чтобы следовать за все время перемещающейся кометой.



Рис. 136. Быстрое движение кометы относительно звезд.
(Фотография автора; экспозиция 25 м.)

Здесь (рис. 135 и 136) дается несколько образцов фотографий, произведенных с помощью короткофокусного объектива от проекционного фонаря; объективы этого сорта обычно обладают очень большой светосилой в тех случаях, когда качества их позволяют оставлять открытой все или почти все их отверстие.

Собственные движения комет, так же как и фотогеничность даваемых ими изображений, являются качествами, облегчающими возможность их открытия. Вполне может случиться, что при фотографировании с большой выдержкой какой-нибудь области неба в поле зрения попадет и какая-нибудь новая комета. Присутствие ее изображения на пластинке легко будет обнаружить благодаря его вытянутости, обусловленной ее смещением. И даже в случае смещения, совершенно или почти незаметного, комета чаще всего обращает на себя внимание своим особым видом.

ГЛАВА ПЯТАЯ ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ, БОЛИДЫ И МЕТЕОРИТЫ

Космические явления, носящие название падающих звезд, хорошо всем известны. Не проходит ночи, без того чтобы не произошло несколько более или менее ярких явлений такого рода, внезапность которых всегда озадачивает. Но, отвлекаясь от этого общего их сходства, мы уже при небольшом внимании убедимся в том, что эти яркие метеоры не обладают ни вполне одинаковым видом, ни равными скоростями.

По мнению некоторых ученых, следует отличать падающие звезды от болидов, достигающих поверхности Земли и тем самым обуславливающих падения тех «камней, падающих с неба», которые мы называем метеоритами или аэролитами. Оставаясь целиком на точке зрения наблюдаемых фактов, мы изучим эти различные явления по отдельности, изложив предварительно общую причину, обуславливающую их видимость.

Причины светящихся явлений. Падающие звезды и болиды являются телами, чуждыми Земле, которую они встречают, двигаясь в пространстве. Эти тела, обращающиеся по орбитам, аналогичным орбитам комет, подобно этим последним движутся с весьма большой скоростью, достигающей 42 км/сек в момент пересечения земной орбиты; Земля же перемещается со скоростью 30 км/сек, и обе эти скорости складываются, когда происходит прямая встреча. В момент этой встречи падающие звезды проникают прежде всего в атмосферу, окружающую земной шар; по причине значительных их скоростей воздух оказывает им сильное сопротивление; а это сопротивление вызывает настолько сильное повышение температуры, что эти тела сначала накаляются, а затем по большей части и распыляются еще до достижения ими земной поверхности.

Так как атмосфера в верхних своих слоях, находящихся на несколько сот километров над земной поверхностью, слишком разрежена, вспышка падающей звезды начинается,

лишь когда она приблизится к нам в среднем на 120 км, и оканчивается обычно полным сгоранием или испарением на высоте в 70 или 80 км. Впечатление огненного следа обязано своим происхождением главным образом некоторой задержке на сетчатке нашего глаза изображения яркой точки, движущейся очень быстро. Однако в некоторых случаях огненные следы соответствуют реальным явлениям; эти раскаленные тела могут оставлять за собой частицы или остатки, образующие как бы фосфоресцирующую полосу, меркнущую более или менее медленно.

Падающие звезды. Малая продолжительность свечения падающих звезд, т. е. быстрое исчезновение их при прохождении сквозь атмосферу, свидетельствует о незначительности их размеров. Это поистине всего лишь корпскулы, становящиеся видимыми только благодаря яркости их свечения. Если бы они обладали заметными размерами, позволяющими им достигать земной поверхности, то мы испытывали бы настоящую почти непрерывную бомбардировку, потому что количество их фантастически велико. В самом деле сотни миллионов их ежедневно встречаются с Землей в пространстве.

Хотя эти явления и наблюдаются постоянно, но все они кажутся происходящими случайно. Наряду с падающими звездами, которые мы видим в какой-либо момент пересекающими небо в каком-либо направлении, наблюдаются и другие, обладающие той вполне определенной особенностью, что, появляясь группами, они кажутся приходящими из пространства в одном и том же определенном направлении. Эти метеоры благодаря действию перспективы, кажутся вылетающими из одной определенной точки небесной сферы, называемой **радиантом**.

Такие групповые появления проявляются иногда в форме настоящих «дождей падающих звезд» (рис. 137), некоторые из которых стали знаменитыми*.

* 9 октября 1933 г. наблюдался первый мощный звездный дождь XX в. Этот дождь, происшедший совершенно неожиданно, наблюдался в СССР: в Ленинграде, Пулковке, Кропоткине, Эривани и Одессе (в Москве и в центральных районах в эту ночь было пасмурно), и за границей: в Германии, Бельгии, Англии, Франции, Испании и в Африке. В Америке звездный дождь не наблюдался. В результате наблюдений этого звездного дождя сразу же была установлена связь его с кометой Джиакобини. Описания этого замечательного звездного дождя даны в посвященных ему статьях К. Д. Покровского в № 11 «Природы» за 1933 г. и Н. Н. Сытинской в № 3 «Мироведения» за 1934 г. *Прим. перев.*

Каждый год в одни и те же даты мы видим падающие звезды в более или менее значительном количестве прилетающими от одних и тех же радиантов. В ночи от 9 до 11 августа наблюдается особенно замечательный по своему богатству метеоритный рой, хорошо известный под названием Персеид, названных так потому, что метеоры кажутся вылетающими из созвездия Персея. Падающие звезды, видимые 13 сентября, так же хорошо известны; известные

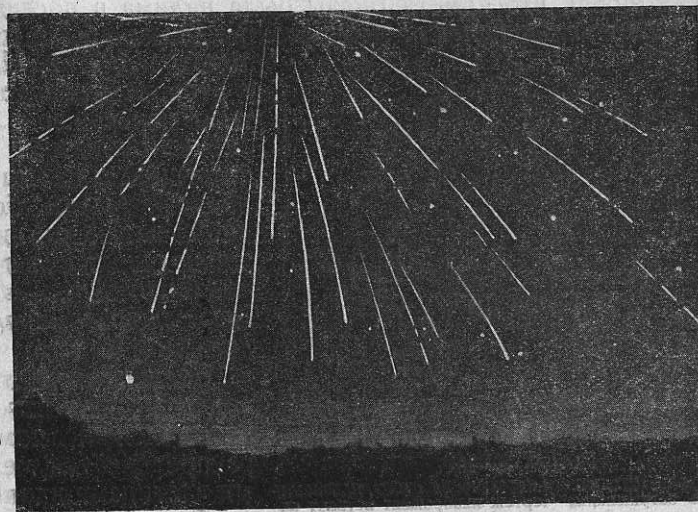


Рис. 137. Дождь падающих звезд. Благодаря влиянию перспективы, траектории падающих звезд обладают направлениями, как бы исходящими из одной точки, называемой радиантом.

под названием Леонид по созвездию Льва, они иногда порождали замечательные «звездные дожди».

Изложенные факты свидетельствуют о том, что эти частицы движутся по их орбитам, вдоль которых они рассеяны, образуя как бы потоки пыли, которые Земля пересекает периодически (рис. 138). Эти потоки могут обладать весьма значительной шириной, потому что мы затрачиваем несколько дней на то, чтобы пересечь некоторые из них. Частицы на них распределены не равномерно; количество их, встречающихся с нашей Землей, то бывает незначительно, то, наоборот, чрезвычайно велико, что и порождает во время прохождения этого участка потока ослепительный космический фейерверк.

Было установлено, что орбиты, по которым движутся падающие звезды, совпадают с орбитами некоторых комет. Так, например, Персеиды следуют в пространстве по тому же пути, который был пройден третьей кометой 1862 г. Леониды таким же образом связаны с первой кометой 1866 г. Упомянем еще падающие звезды 27 ноября, обращающиеся по той же орбите, что и исчезнувшая теперь комета Биэлы; по поводу них следует прибавить следующие подробности: мы уже знаем, что комета Биэлы была видима в последний раз в 1866 г.; следующее ее возвращение должно было иметь

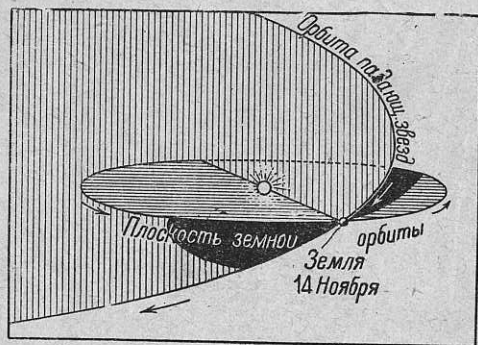


Рис. 138. Периодические встречи падающих звезд с Землей.

Для большей наглядности пересечения орбит, плоскости их здесь затушеваны. Чертеж изображает встречу падающих звезд, появляющихся 14 ноября (Леониды).

ли мы думать, что потоки космической материи в известных условиях порождают кометы путем более или менее длительной конденсации? В обоих случаях немногих, приведенных выше примеров достаточно для того, чтобы показать близкое родство падающих звезд и комет.

Болиды. Появляются болиды совершенно так же, как и падающие звезды, но размеры этого явления могут достигать чрезвычайно крупных величин. В самом деле, болиды иногда имеют вид шаров огромнейших размеров; мы видим, как они испускают искры, продолжающие по несколько мгновений светиться в ярком следе метеора. В некоторых случаях болиды, вместо того чтобы померкнуть или исчезнуть из поля нашего зрения, взрываются то бесшумно, то с грохотом, напоминающим удары грома. Такого рода явления всегда бывают грандиозны,

место в 1872 г. И вот в этом самом году в момент пересечения Земли ее орбиты 27 ноября увидели необыкновенный дождь более 30 000 падающих звезд, наблюдавшихся в течение 6 часов! (подобное же явление повторилось в 1885 г.).

Должны ли мы предполагать, что материя распадающейся кометы распределяется мелкими частицами вдоль по всей ее орбите? Или же, наоборот, должны

Несмотря на то, что они кажутся огромными падающими звездами и что их видимость благодаря свечению обуславливается той же причиной, болиды резко от них отличаются. Появление их носит капризный характер и их всегда приходится видеть только поодиночке пролетающими по какому-нибудь случайному направлению. Периодически повторяющиеся дожди падающих звезд, во время которых некоторые метеоры иногда бывают ярче остальных, не сопровождаются настоящими болидами. Отметим также, что скорость кажущегося их движения бывает весьма неодинакова: иногда мы видим их пересекающими небосвод с величайой медленностью.

Итак, хотя и появляясь в тех же условиях, что и падающие звезды, болиды, повидимому, обладают иным происхождением.

Аэролиты или метеориты. Почти всегда болиды взрываются на некоторой высоте и только их осколки достигают земной поверхности в форме аэролитов или метеоритов; однако некоторые болиды падают и целиком. Как в том, так и в другом случае тела эти приходят в раскаленное состояние, но только на своей поверхности. Пролет их сквозь атмосферу происходит настолько быстро, что они не успевают нагреться целиком; когда они раскалывались, ударяясь об землю, действительно удавалось отметить, что, в то время как поверхность их бывает оплавленной и стекловидной, внутренность глыбы сохраняет низкую температуру, которую она имела в пределах ледяного мирового пространства.

Некоторые из таких падений по своей мощности являются весьма значительными явлениями. Находили метеориты, весящие до двадцати тонн. Обычно же метеориты очень невелики, достигая веса, не превосходящего нескольких килограммов. Многократно удавалось подобрать только мелкие частицы. В этом последнем случае количество их иной



Рис. 139. Метеорит.
Железная глыба весом в 591 кг, упавшая в Кайе (Морские Альпы).

раз бывает очень велико. В качестве примера следует назвать падение, происшедшее в Лэгле (Орна) в 1803 г. и послужившее отправной точкой рационального изучения этих явлений; это падение усеяло почву дождем, состоявшим из 3000 камней, весивших от нескольких граммов до 10 кг.

Наконец, повидимому, удастся собирать поистине микроскопические метеориты или, вернее, частицы этих образо-

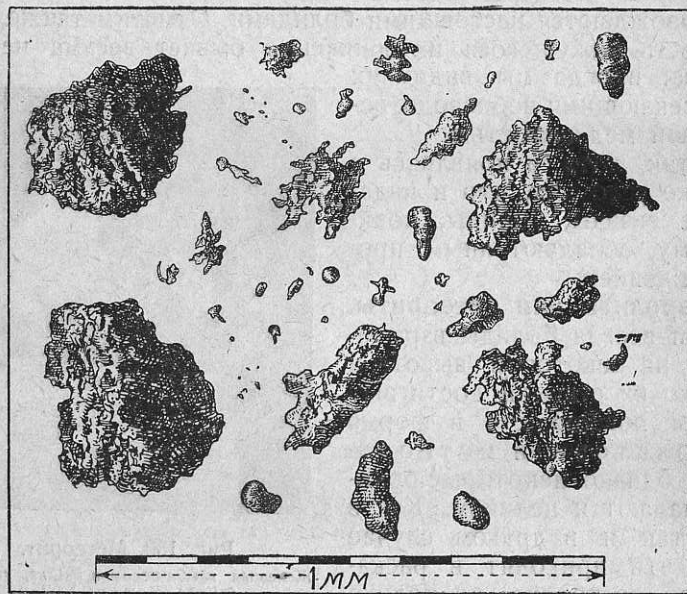


Рис. 140. Металлические частицы и пыль, собранные автором после звездного дождя 9 октября 1933 г.

ваний, которые в столь значительном количестве взрываются в высших слоях атмосферы. Иначе совершенно невозможно объяснить наличие мельчайших частиц, похожих на оплавленную металлическую пыль (рис. 140) и в значительных количествах находимых на снегах высоких горных вершин и на полярных ледниках и льдах.

В итоге наш земной шар непрестанно претерпевает настоящую бомбардировку, которую мы не можем считать абсолютно безопасной. Падение массы, движущейся с огромной скоростью, всегда представляет собою грозное явление;

иные метеориты врезались в почву на глубину нескольких метров. Этими космическими снарядами было убито несколько человек, были вызваны пожары и т. п.

Метеориты большей частью бывают металлическими и состоят из чистого железа или из железа, смешанного с никелем. Часто к этим металлам примешиваются еще и каменные породы; наконец реже падающие глыбы бывают целиком каменными.

Каково происхождение метеоритов? Согласно различным предложенным гипотезам, метеориты являются продуктами извержений прежних земных вулканов, падающими только в наши дни после долгих странствований, или же продуктами извержений лунных вулканов, перетерпевшими ту же судьбу, осколками комет или прежних разрушившихся планет. Однако при современном уровне наших познаний ни одна из этих гипотез не может быть достаточно обоснована и принята*.

Наблюдения падающих звезд и болидов

Для изучения этих столь интересных явлений наблюдения невооруженным глазом до настоящего времени являются единственным действительно практичным методом, давшим полезные результаты.

Как общее правило, продолжительное наблюдение падающих звезд утомительно, благодаря необходимости все время смотреть в одном и том же, зачастую неудобном, направлении с весьма напряженным вниманием.

Важнейшие наблюдения, которые следует производить, относятся к положению траекторий и следов, что дает возможность последующего определения радианта. Эти наблюдения таковы: 1) количество падающих звезд, вылетающих из одного и того же радианта, и характер их появления: иногда они появляются небольшими группами через более или менее правильные и притом короткие промежутки; 2) яркость — или по сравнению со звездами или же, что более практично, подразделяя их на-глаз на несколько категорий: очень яркие, яркие, умеренно яркие,

* В настоящее время большинство астрономов склоняются к признанию болидов и метеоритов телами чуждыми нашей солнечной системе и прилетающими из межзвездных пространств. За это говорит тот факт, что орбиты некоторых болидов оказались гиперболами. *Прим. перев.*

слабые, очень слабые*; 3) различная окраска; 4) видимая скорость: очень быстрые, быстрые и т. д., 5) различные явления: изменения яркости, долго не меркнувшие следы, извилистые траектории и т. д.**.

Те же указания относятся и к наблюдению болидов; в последнем случае следует отмечать еще момент и особенности наблюдаемого явления***.

* Придерживаясь этого же подразделения, И. С. Астапович дал более подробную систематизацию метеоров и программу-максимум их наблюдений в № 21—22 «Бюллетеня Коллектива наблюдателей Всесоюзного астрономо-геодезического о-ва» за 1933 г. Более краткие инструкции содержатся в № 16 за 1932 г. того же бюллетеня и в постоянной части Русского астрономического календаря. *Прим. перев.*

** Кроме того, следует зарисовывать пути метеоров между звездами на звездные карты. *Прим. перев.*

*** Составленная Л. А. Куликом инструкция для наблюдений отдельных метеоров, болидов и метеоритов содержится в постоянной части Русского астрономического календаря. В случае установления (заведомо) падения или обнаружения метеорита следует немедленно телеграфировать по адресу: Москва, Полянка, Старомонетный 35, Ломоносовский институт и одновременно сообщить подробности письмом, адресуя его так: Москва 17, Старомонетный пер. 35, Ломоносовский институт геохимии, кристаллографии и минералогии Академии наук (метеоритный отдел). *Прим. перев.*

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ЗВЕЗДЫ И ТУМАННОСТИ

До сих пор светила, которые мы мысленно посетили, являлись нашими соседями. А теперь нам предстоит унести в невообразимые дали, для того чтобы познакомиться там с бесчисленными звездами и туманностями, «населяющими» бесконечность. Звезды представляют собою солнца, подобные нашему, по крайней мере в том отношении, что они также являются раскаленными массами; в иных же отношениях эти светила далеко не одинаковы с нашим дневным светилом. Во всех направлениях на всем протяжении глубин мироздания, доступным нашим исследованиям, мы видим звезды, горящие, подобно крошечным точкам, несмотря на огромные истинные их размеры. Вследствие неравномерного распределения тех из них, которые мы видим невооруженным глазом, как бы вырисовываются отдельные их группировки, называемые созвездиями, с которыми мы и познакомимся в первую очередь.

Созвездия. Все светила, каковы бы ни были весьма неодинаковые расстояния, отделяющие их от нас, кажущимся образом относятся нашим зрением на одно и то же расстояние, на котором наш взгляд как бы встречает поверхность небосвода. Таким образом, созвездия обязаны своими очертаниями перспективному эффекту, показывающему нам одни около других те звезды, которые в действительности, будучи весьма далеки друг от друга, находятся одни за другими.

Созвездия совершенно условны. Если некоторые группировки бросаются в глаза благодаря правильному расположению входящих в них ярких звезд, то остальные мало заметны. По большей части границы их кажутся капризно извилистыми. Древние астрономы, которым мы обязаны мифологическими и другими названиями созвездий, выбирали звезды, могущие входить в контуры символических фигур, которые они рисовали на звездных картах — кстати сказать, зачастую с преувеличенным богатством деталей. Современные звездные карты не содержат ничего художественного,

но их простые прямолинейные очертания, соединяющие между собой отдельные звезды, заметно облегчают распознавание созвездий (рис. 141 и 142). Мы помним, что види-

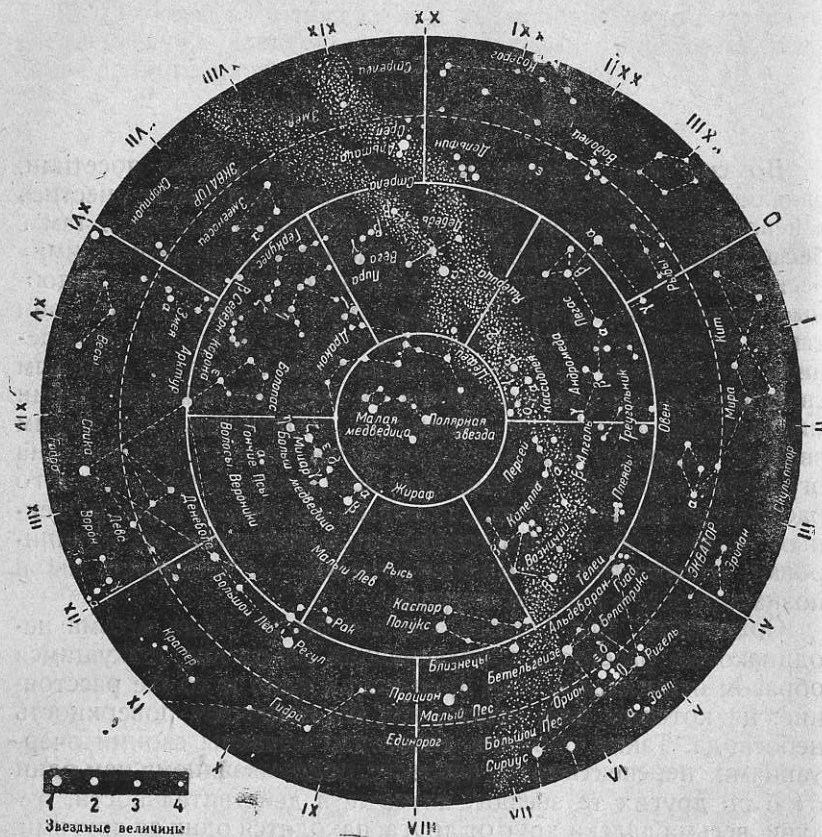


Рис. 141. Общая карта неба (северное полушарие).

Главнейшие звезды, обрисовывающие созвездия. Небесный экватор обозначен прерывистой окружностью. Граница карты соответствует 25° южной широты.

мость их определяется положением наблюдателя на земной поверхности и эпохи, в которой мы созерцаем небо.

В каждом созвездии звезды обозначены в порядке убывания их яркостей буквами греческого алфавита: α соответствует наиболее яркой звезде, β — следующей по яркости и т. д.; однако этот алфавитный порядок оказы-

вается иногда нарушенным вследствие того, что некоторые звезды изменили свою яркость с тех пор, как эти, укоренившиеся впоследствии обозначения, были сделаны. В тех слу-

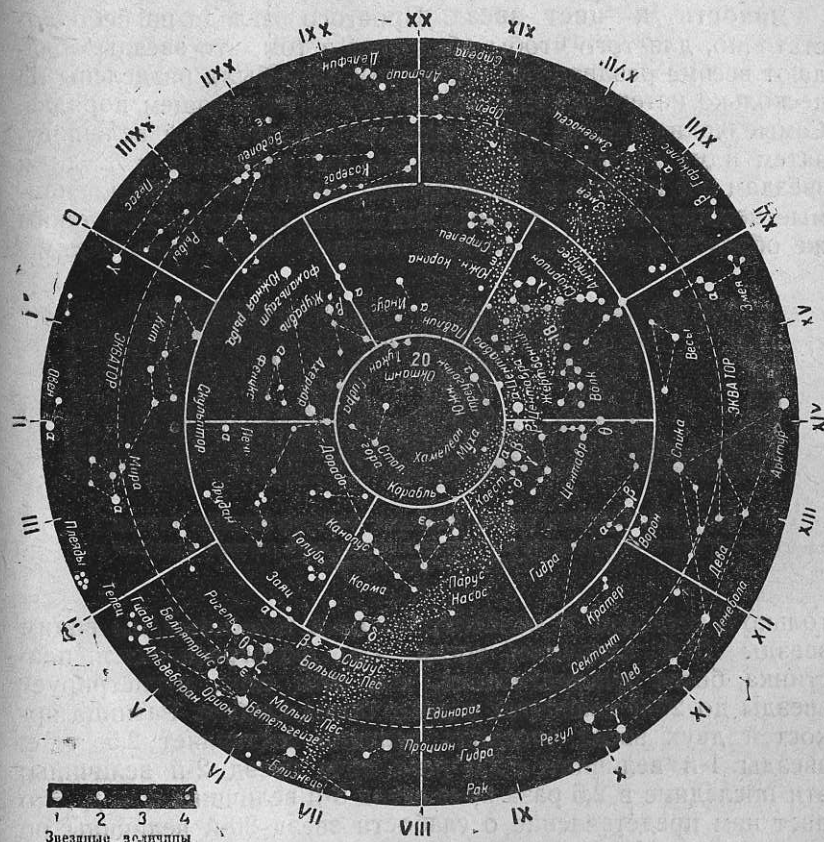


Рис. 142. Общая карта неба (южное полушарие).

Главнейшие звезды, обрисовывающие созвездия. Небесный экватор обозначен прерывистой окружностью. Граница карты соответствует 25° северной широты.

чаях, когда звезды одного и того же созвездия более многочисленны, чем греческие буквы, для продолжения серий обозначений пользуются буквами латинскими. Заметим наконец, что цифры и буквы, которыми обозначены некоторые интересные звезды, заимствованы из того или иного каталога этих светил.

Некоторые из наиболее заметных звезд названы именами, которыми обыкновенно и пользуются. Эти имена, нанесенные на вышеприведенные карты, в большинстве случаев арабского происхождения.

Яркость и цвет звезд. Простого взгляда на небо достаточно, для того чтобы убедиться в том, что звезды обладают весьма различными яркостями. Они были разделены на несколько категорий или величин в убывающем порядке. Самые яркие звезды были названы звездами 1-й величины, затем идут звезды 2-й величины, 3-й величины и т. д.; к звездам 6-й величины принадлежат последние звезды, видимые невооруженным глазом. Эта серия продолжается таким же образом и для тех светил, которые могут быть видимы

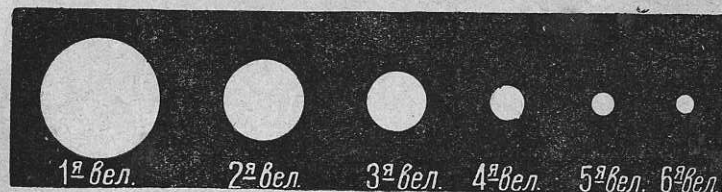


Рис. 143. Яркость звезд, видимых невооруженным глазом. Разница яркостей указанных величин пропорциональна разнице площадей изображенных здесь дисков.

только в телескоп. В наиболее мощные телескопы мы видим звезды 18-й величины, тогда как фотографическая пластинка, более чувствительная, чем наш глаз, регистрирует звезды до 20-й величины и даже более слабые. Разница яркостей двух звезд соседних величин составляет 2,5, т. е. звезды 1-й величины в 2,5 раза ярче звезд 2-й величины; эти последние в 2,5 раза ярче звезд 3-й величины и т. д. Это дает нам представление о слабости звезд 20-й величины по сравнению с блеском тех звезд, сверкание которых мы наблюдаем невооруженным глазом! Для всех переходных ступеней, существующих между этими единицами яркости, были введены десятичные их подразделения; так, например, звезды, по своей яркости находящиеся между 2-й и 3-й величинами, по мере приближения их блеска к 3-й величине, относятся к величинам 2,1, 2,2, ..., 2,8, 2,9. Среди звезд 1-й величины, к которой первоначально были отнесены все наиболее яркие звезды, различия яркости оказались весьма значительными. Вследствие этого для уточнения классификации

звезд, превосходящих по своей яркости 1-ю величину, типичным представителем которой был выбран Альдебаран (α Тельца), были установлены новые классы, яркости таких светил обозначаются как 0,1, 0,2, ..., 0,8, 0,9, 0, причем последняя цифра соответствует яркости, на одну величину превосходящую 1-ю величину. Далее величина — 1 соответствует яркости, на две величины превосходящей 1-ю



Рис. 144. Количество звезд в пространстве. Сравнение количества звезд, видимых невооруженным глазом (изображенных с лучами), и количества более мелких звезд, обнаруживаемых при наблюдениях в телескоп.

величину. Самая яркая звезда неба Сириус (α Большого Пса) обладает яркостью, выражаемой отрицательным числом — 1,58.

Независимо от весьма различных их яркостей звезды обнаруживают не меньшее разнообразие и других особенностей их света. Прежде всего даже невооруженным глазом мы обнаруживаем, что свет их окрашен в различные цвета, независимые притом от световых оттенков, порождаемых мерцанием (причиной которого, как мы видели, является атмосферная рефракция). Белый цвет некоторых звезд

обладает большой яркостью; другие звезды светят менее ярким, желтым или оранжевым светом, подобно горящим углям. Третьи кажутся еще более тусклыми, красноватыми; а некоторые, очень редкие, обладают голубоватой или зеленоватой окраской. Различные эти окраски резче выражены в группах так называемых кратных звезд.

Количество звезд. Когда небо ясно и ночь очень темна, то нам кажется, что мы видим десятки тысяч звезд. В действительности же, даже обладая наиболее зорким зрением, мы можем различить одновременно не более 2500 звезд накруг. В любой момент мы имеем возможность наблюдать только половину небесной сферы. Кроме того, до определенной высоты над горизонтом, атмосферное поглощение препятствует видимости большинства слабых звезд; приняв все это в расчет, мы приходим к выводу, что количество звезд, видимых невооруженным глазом, на всей небесной сфере не превосходит 7600. Однако здесь следует отметить, что для этого количества даются различные цифры на основании различных каталогов или оценок, используемых авторами; расхождение этих цифр происходит вследствие неодинаковых оценок яркостей звезд, близких к пределу видимости их простым глазом.

Приведем максимальные цифры по убывающим величинам:

Звезд 1-й величины	20	Звезд 4-й величины	506
» 2-й »	53	» 5-й »	1740
» 3-й »	157	» 6-й »	5170

Эта прогрессия, довольно правильно возрастающая, утраивающая количество звезд от класса к классу, продолжается и после перехода к все более и более слабым звездам, обнаруживаемым с помощью оптических инструментов. Тогда армия небесных светил становится фантастически многочисленной; общее количество звезд, наблюдаемых с помощью современных средств, превышает полмиллиарда.

Это прогрессивное возрастание количества звезд по мере убывания их видимых яркостей является геометрическим следствием распределения их в пространстве вокруг нас. Но если, вообще говоря, нам и приходится принимать в соображение эти теоретические условия, то впоследствии мы увидим, что в данном случае играют роль не только они одни. Звезды бывают весьма различных яркостей и размеров и распределение их далеко не равномерно.

Расстояния звезд от Земли. Мы уже познакомились с тем (стр. 44), насколько трудно было измерить расстояния звезд и каких тонкостей потребовали эти измерения. Так как измеряемые величины лежали почти в пределах точности наблюдений, полученные цифры должны рассматриваться нами только в качестве приближенных оценок, выведенных как средние арифметические целого ряда определений; поэтому зачастую приходится видеть, как они изменяются в результате производства новых измерений.

До настоящего времени самой близкой известной нам звездой является α Центавра: она отстоит от нас на 40,6 триллионов км, т. е. находится на расстоянии, в 280 000 раз превосходящем расстояние, отделяющее нас от Солнца! Свет, распространяющийся в пространстве со скоростью в 300 000 км/сек, затрачивает 4 года и 4 месяца для прохождения этого расстояния. В нижеследующей таблице * дается перечень нескольких звезд, расстояния которых

Названия звезд	Величины	Расстояние в триллионах км	Расстояние в световых годах
α Центавра	0,1	41	4,3
P (близ 66 Змееносца)	9,5	57	6,0
21 185 Лаланда	7,6	78	8,3
Сириус (α Большого Пса)	— 1,58	81	8,6
Процион (α Малого Пса)	0,5	99	10,5
61 Лебеда	6,0	103	10,9
σ^3 Эридана	тройная	150	15,9
Альтаир (α Орла)	0,9	153	16,2
η Кашиопеи	3,6	171	18,1
ξ Большой Медведицы	3,8	222	23,5
Вега (α Лиры)	0,1	248	26,3
Поллукс (β Близнецов)	1,2	305	32,3
β Льва	2,2	305	32,3
Арктур (α Волопаса)	0,1	386	40,8
Кастор (α Близнецов)	тройная	411	43,5
Капелла (α Возничего)	0,2	459	48,6
Альдебаран (α Тельца)	1,0	558	59,2
Бетельгейзе (α Ориона)	0,9	2570	272

* Цифры, приводимые автором в этой и последующей таблицах, в переводе заменены и дополнены более точными, содержащимися в статье П. П. Паренаго «Об определении расстояний до звезд», напечатанной в № 1 журнала «Мироведение» за 1933 г. *Прим. перев.*

были измерены с достаточной достоверностью. Расстояние Альдебарана дает границу измерений, доступных современным методом. Параллаксы остальных звезд, еще более удаленных, недоступны прямым измерениям.

Были произведены попытки косвенных определений этих огромнейших расстояний путем сравнения яркостей, путем допущения, что звезды удалены друг от друга на одинаковые средние расстояния, и т. п. Получаемые в результате таких оценок цифры, разумеется, весьма приблизительны. Но тем не менее они заставляют думать, что свет наиболее удаленных звезд затрачивает тысячи лет на достижение Земли.

Звездные расстояния зачастую выражаются в настоящее время в единицах, называемых парсеками, достаточно крупных для этих огромных величин. Парсек соответствует расстоянию, на котором звезда обладала бы параллаксом в одну секунду дуги (откуда путем сокращения и произошло его название) и равен 30,8 триллионам км.

Размеры звезд. Звезды кажутся нам точками, не обладающими видимыми размерами, какова бы ни была мощность используемого инструмента. Тот небольшой диск, который мы видим в окуляре, в действительности обусловливается лишь неправильностью изображения (см. стр. 92). И только одни лишь новейшие косвенные методы могут дать нам некоторые указания относительно величин этих далеких солнц. Пришлось прибегнуть к физическим законам, позволившим установить связи между расстояниями и количеством и качеством света звезд.

Вообще говоря, расстояние является чрезвычайно важным фактором, определяющим различия наблюдаемых нами яркостей звезд, потому что сила света убывает пропорционально квадрату расстояния. Возьмем два одинаковых светила, одно из которых будет в двое дальше другого: яркость последнего покажется нам вчетверо слабее.

Данные относительно расстояний показывают, что наиболее яркие звезды не являются в то же время ближайшими к нам. Следовательно, эти светила обладают весьма неодинаковыми размерами, в то же время как истинные яркости их более или менее значительны. Сравнивая их с нашим Солнцем, нам приходится допустить, что многие из этих далеких солнц в бесчисленное число раз больше его. В самом деле, удалось подсчитать, что если бы наше Солнце было отнесено на такое же расстояние, на котором светит большинство звезд 1-й величины, то оно перестало бы быть видимым

невооруженным глазом! Отметим однако, что во многих случаях разница обуславливается неодинаковыми истинными яркостями звезд. Так, например, Сириус и Вега несомненно сильно превосходят по объему Солнце, но количество испускаемого ими света только чуть-чуть больше количества света, излучаемого этим последним. К этому вопросу мы еще возвратимся впоследствии (см. стр. 251).

Из числа огромнейших звезд назовем еще Арктур (α Волопаса), Капеллу (α Возничего), Ригель (β Ориона), — быть может в сотни тысяч раз превосходящие Солнце, — и Канопус (α Корабля), которого считают в миллионы раз больше нашего дневного светила. Однако, согласно результатам измерений, основанных на изучении особенностей световых волн и введенных в практику американским ученым Майкельсоном, две звезды (измеренные до настоящего времени) являются еще более громадными: Бетельгейзе (α Ориона) и Антарес (α Скорпиона) должны обладать диаметрами, превосходящими солнечный соответственно в 300 и 487 раз, что соответствует объемам, превосходящим солнечный в 27 млн. и в 113 млн. раз! По сравнению с этими великанами наше дневное светило поистине кажется ничтожной пылинкой...

Двойные и кратные звезды. Весьма многие звезды при наблюдении их с помощью достаточно сильных инструментов оказываются двойными или кратными. Это значит, что, вместо того чтобы видеть одну только точку, изолированную в пространстве, каким было бы наше Солнце, рассматриваемое издали, нашим взорам предстают системы, состоящие из двух или нескольких светил, кажущихся очень близкими друг к другу. Однако следует заметить, что в некоторых случаях мы имеем дело со звездами, расположенными одна за другой на весьма не одинаковых расстояниях и только благодаря действию перспективы кажущимися нам близкими одна к другой. Истинные системы кратных звезд — значительное большинство которых является двойными — наоборот, представляют собою совокупность светил, связанных между собой силой притяжения по известному закону. Мы видим их обращающимися по эллиптическим орбитам более или менее перспективно искаженным вследствие того, что мы видим их под всевозможными углами. В нижеследующей таблице приведено несколько примеров этих двойных звезд и их движений (см. стр. 246).

В силу меняющегося их взаимного расположения и в зависимости от положений каждой орбиты видимое расстояние,

разделяющее эти светила, колеблется. Но оно всегда остается весьма незначительным, составляя самое большее несколько секунд дуги.

Если расстояние до этих звезд нам известно, то из него можно вывести и истинные размеры их орбит и вычислить также и их массы. И здесь нам опять пришлось убедиться в том, что многие из них сильно отличаются от Солнца своими размерами. В этих системах встречаются всевозможные соотношения: то образующие их светила бывают равновелики, то одно из них значительно превосходит другое.

Названия звезд	Величины		Времена обращений (в годах)
	главной звезды	звезды-спутника	
δ Малого Коня	5,2	5,7	5,70
ϵ Гидры	3,7	5,2	15,30
ζ Геркулеса	3,0	6,5	34,48
Сириус (α Большого Пса) . .	— 1,58	7,1	50,00
ξ Волопаса	4,8	6,7	152,80
σ^3 Эридана	9,7	11,4	248,00
Кастор (α Близнецов AB) . .	2,0	2,8	306,00

Из общего числа кратных звезд некоторые наблюдаемы легко вследствие значительной видимой удаленности составляющих их компонентов, в то время как другие кажутся настолько тесно сближенными, что они даже при наблюдении в сильнейшие инструменты представляются почти слитыми воедино. Кроме того, существуют многочисленные двойные звезды, которые даже не удается увидеть в качестве таковых, но двойственная природа которых доказывается косвенными методами. Спектральный анализ по определенным смещениям линий спектра изучаемого светила дает возможность определения скорости и направления его движения. В системах двойных звезд компоненты, их образующие, двигаясь по своим орбитам, последовательно то приближаются к нам, то удаляются от нас; эти движения удается проследить благодаря периодическим смещениям спектральных линий. Таким именно способом в 1889 г. Пиккеринг открыл первую спектрально-двойную звезду, как их

стали называть; с тех пор наши познания в этой области расширились настолько, что теперь нам известны сотни таких светил. В большинстве случаев они обладают быстрыми движениями; так, например, обращения компонентов β Цефея, σ Скорпиона, β Большой Медведицы завершаются быстрее чем в сутки.

Большинство кратных звезд из числа тех, которые удается наблюдать визуально как таковые (так называемые визуально-двойные звезды), являются окрашенными

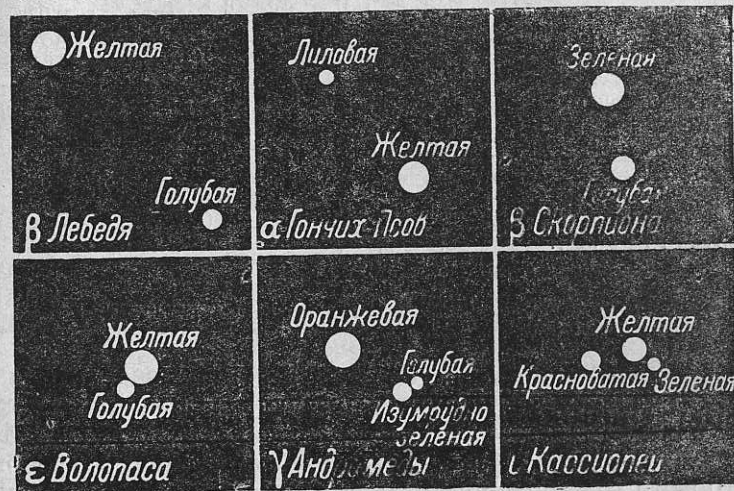


Рис. 145. Типы цветных кратных звезд.

в различные оттенки, что порой придает им весьма красивый вид. Не будучи в состоянии передать красок, рис. 145 дает представление о виде этих систем. Таблица (см. стр. 248) содержит список наиболее замечательных и в большинстве случаев наиболее легко наблюдаемых кратных звезд. Однако общее их количество настолько значительно, что перечислять их все было бы слишком долго. По этому поводу целесообразно будет обратиться к специальным работам *.

* Постоянная часть Русского астрономического календаря, издания Нижегородского кружка любителей физики и астрономии, и книга К. Д. Покровского «Путеводитель по небу» (Гиз, Берлин 1923) содержат более обширные списки двойных звезд. Автор рекомендует переведенную на русский язык, но сейчас сделавшуюся редкостью книгу К. Фламариона «Звездное небо и его чудеса». Прим. перев.

Названия звезд	Звездные величины компонентов	Расстояние компонентов	Окраска
ζ Лиры	4,3—5,7	44"	Желтая — зеленая
η Лебеда	3,2—5,3	34"	Желтая — голубая
β Персея	3,9—8,7	28"	Оранжевая — голубая
θ Змеи	4,5—5,4	22"	Белые
α Гончих Псов	2,9—5,4	20"	Желтая — лиловая
ζ Большой Медведицы	2,4—3,9	14"	Белые
β Скорпиона	2,9—5,1	13"	Зеленая — голубая
γ Дельфина	4,5—5,5	11"	Желтая — изумрудная
γ Андромеды	2,3—5,1—6,0	10" и 0,5"	Оранжевая — зеленая — голубая
Ригель (β Ориона)	0,3—6,7	9"	Белая — кобальтовая
η Кассиопеи	3,7—7,4	8"	Желтая — красная
32 Эридана	4,9—6,3	7"	Желтая — голубая
γ Девы	3,7—3,7	6"	Белые
Кастор (α Близнецов АВ)	2,0—2,8	5"	Белые
α Геркулеса	3,5—5,6	5"	Оранжевая — зеленая
γ Льва	2,6—3,8	4"	Желтые
Антарес (α Скорпиона)	1,2—7,0	3"	Оранжевая — зеленая
ε Волопаса	4,8—6,8	3"	Желтая — голубая

Переменные звезды. Новые звезды. Многие звезды обнаруживают колебания яркости, часто весьма заметные или благодаря их размерам, или благодаря характеру их фаз. Эти различные переменные звезды обладают между собою некоторым сходством, позволившим классифицировать их на несколько категорий, общие определения которых таковы.

Неправильные переменные звезды изменяют свою яркость незначительно и, повидимому, незакономерно (примеры: α Ориона, α Кассиопеи). Долгопериодические переменные с периодами от 3 месяцев до 4 лет сильно и притом неправильно меняют свою яркость; типичной звездой этого класса является о Кита (Mira Ceti, что значит Дивная или Удивительная Кита), максимум блеска которой колеблется в пределах от 1,2 до 3,9 величины, а минимум — между 8 и 9,5 величинами, в то время как период изменяется в пределах от 320 до 370 дней. Наоборот, короткопериодические переменные звезды или цефеиды изменяют свой блеск на протяжении всего лишь нескольких дней: период δ Цефея равен 5,3 дня при колебании яркости от 3,6 до 4,3 величины; период ε Близнецов равен 10,9 дня (яркость от 3,7 до 4,3 величины). Наконец затменные

переменные звезды, подобные Альголю (β Персея), регулярно претерпевают кратковременные ослабления яркости, в то время как между этими затмениями яркость их остается постоянной. Яркость Альголя равна 2,3 величины на протяжении двух с половиной дней, затем медленно ослабляется в течение 4 часов 30 минут; она уменьшается, таким образом, до 3,5 величины, а затем вновь увеличивается до первоначального своего значения также в течение 4 часов 30 минут. Из числа других звезд, претерпевающих подобное затмение, назовем λ Тельца, δ Весов, R Большого Пса и U Цефея. Некоторые из этих звезд, как, например, β Лиры, обнаруживают интересные особенности, выражающиеся в том, что они обладают двумя максимумами и двумя минимумами в каждом периоде.

Большинство этих колебаний яркостей является результатом движений по орбитам спектрально двойных звезд, остающихся для нашего глаза слитыми в одну точку. Два светила равновеликих или не равновеликих последовательно закрывают одно другое, в промежутках между чем яркости их складываются, потому что в этих положениях они должны были бы быть видимыми одно рядом с другим. В случае Альголя мы имеем дело с частным затмением, обусловливаемым темным светилом (рис. 146), проходящим перед звездой, около которой оно обращается. Наоборот, неправильные, долгопериодические колебания яркости должны иметь причиной реальные колебания светового излучения звезд. Вспомним в связи с этим непостоянство пятнообразовательной деятельности нашего собственного Солнца.

Если мы можем с почти полной уверенностью объяснить общие причины, вызывающие колебание яркости переменных звезд, то совершенно иначе обстоит дело с переменными или новыми звездами. Эти звезды совершенно непредвиденно и почти мгновенно вспыхивают необычайно ярко, но не надолго. Явление этого необычайного блеска обычно продолжается весьма недолгое время, а затем яркость быстро уменьшается, и светило вновь теряется в сонме ему подобных, из которых оно на мгновение выделилось.

С 134 г. до начала нашей эры (первое известное нам наблюдение, произведенное Гиппархом) появилось 30 звезд подобного рода, хорошо видимых невооруженным глазом. Наиболее знаменитая из них вспыхнула 11 ноября 1572 г. в созвездии Кассиопеи; яркость ее была настолько велика, что звезда эта была видима среди дня; она исчезла только

в феврале 1574 г. Последними по времени появления новыми звездами являются загоревшаяся ярким светом 7 июня 1918 г. Новая Орла и замеченная 20 августа 1920 г. Новая Лебедя. В действительности же эти светила более многочисленны, но в тех случаях, когда они не достигают значи-

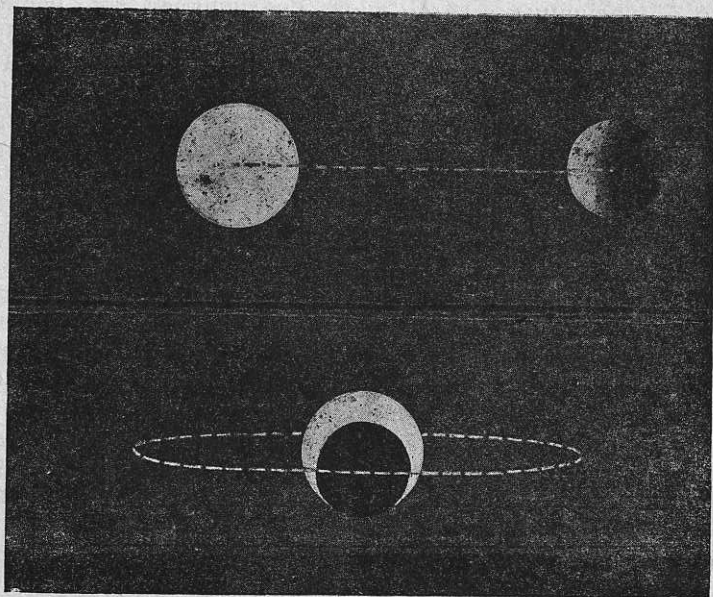


Рис. 146. Спектрально двойная звезда Альголь.

Колебания яркости этой двойной звезды, видимой в виде единой точки, обуславливаются движениями по орбитам двух светил, изображенных здесь в правильном масштабе их размеров и взаимного расстояния.

тельной яркости, они остаются незамеченными среди множества ярких звезд. Путем сравнения фотографий подобные открытия делаются теперь ежегодно.

Какова же причина этих внезапных вспышек? Столь мощное возрастание яркости, повидимому, исключает идею аномалии максимума обыкновенной переменной звезды. Было высказано предположение, что в данном случае мы имеем дело со встречей двух темных светил, столкновение которых развивает количество тепла, раскаляющее их до свечения; такой же тепловой эффект мог бы вызываться также и прохождением сквозь туманность или звездное скопление. Другая гипотеза предполагает прохождение двух светил

в непосредственной близости друг от друга, во время которого взаимные их притяжения обусловили расплавление их оболочек и взрыв деятельности их внутренних очагов жара, и т. д., и т. д. Во всяком случае спектральный анализ обнаруживает выделение огромных масс раскаленного водорода. Директор Медонской обсерватории Деландр достаточно обоснованно предлагает рассматривать новые звезды как звезды, в недрах которых произошел взрыв, сопровождаемый извержениями, в результате которых вокруг них образуется атмосфера, в которой разыгрываются огромнейшей мощности явления, подобные солнечным протуберанцам.

Новые звезды появляются всегда в Млечном Пути и притом в наиболее богатых звездами областях этой огромнейшей системы светил.

Физическое состояние звезд. Вышеприведенные данные указывают на то, насколько звезды не похожи одни на другие. Как показал спектральный анализ, они обнаруживают не меньшие различия и по своему внутреннему составу и по физическому состоянию.

С этой точки зрения звезды были разделены на категории, соответствующие основным типам. Новейшие исследования, отличающиеся все большей и большей глубиной и точностью, привели к увеличению числа этих типов путем установления новых классов и подразделений, охватывающих все наблюдаемые особенности. Но они неизменно остаются связанными с четырьмя типами, установленными Секки в 1867 г., на которых мы для большей простоты и остановимся в силу характера нашего изложения и ограниченности места.

К I типу Секки относится более половины наблюдаемых звезд; они белые, подобно Сириусу, Веге, Ригелю, Регулу, α Центавра. Основными их элементами являются водород, гелий и магний, линии которых в спектре очень ярки. Эти светила, испускающие яркий свет, обладают и весьма высокими температурами.

Ко II типу относятся желтые звезды: наше Солнце входит в него наряду с Арктуrom, Капеллой, Полярной и Альдебараном. Эти светила обладают спектрами, состоящими из тонких линий, изобличающих наличие железа, меди, свинца, серебра, кальция, кремния, водорода и др.

Тип III объединяет звезды оранжево-желтые и красноватые: Антарес, Бетельгейзе, α Геркулеса, β Андромеды, Дивная Кита и др. Их спектр характеризуется широкими размытыми полосами, резко ограниченными со стороны

фиолетового цвета и постепенно сходящими на-нет со стороны красного цвета; они вызываются наличием окисей магния и титана. Остальные металлы встречаются в значительных количествах, но водород редок или отсутствует совершенно. Эти светила, многие из которых являются переменными, должны обладать сравнительно низкими температурами.

Тип IV является вариантом предыдущего, но с обратным расположением темных полос, принадлежащих углеводоро-

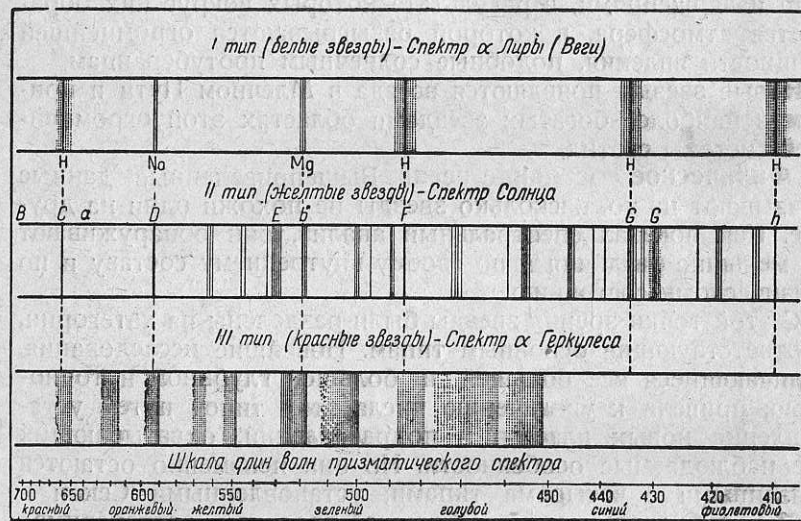


Рис. 147. Общий вид спектров четырех главных типов.
(Классификация Секки.)

дам и углероду. Водород и гелий отсутствуют. К этому типу относится красная, малой яркости звезда 19 созвездия Рыб и несколько других звезд, по преимуществу невооруженным глазом невидимых. Общий вид спектров четырех главных типов* изображен на рис. 147.

Современная классификация, базирующаяся на убывании температур, начинается с класса, содержащего значительное количество временных или новых звезд. Спектры этой

* В настоящее время принята более детально разработанная система классификации звездных спектров Гарвардской обсерватории, в которой главные спектральные типы обозначаются латинскими буквами. Между обеими системами существует следующее соответствие: I тип Секки — В, А; II тип — F, G, K; III тип — M; IV тип — N. Прим. перев.

категории состоят из ярких линий неизвестного происхождения и линий водорода и гелия; линии металлов отсутствуют. Эти звезды считаются самыми горячими.



Рис. 148. Млечный Путь, видимый невооруженным глазом

Читатель в праве поинтересоваться, что же собственно, точнее говоря, обозначают эти выражения: звезды горячие и звезды низкой температуры?

Работы Ш. Нордмана на Парижской обсерватории дали нам несколько цифр, интересных в этом отношении: «Гелиевые звезды», как, например, γ Пегаса и ζ Персея, обладают температурами от $22\,000^\circ$ до $29\,000^\circ$! Температура «водородной звезды» Сириуса составляет около $12\,000^\circ$.

Звезды II типа обладают более умеренными температурами: 8000° — Полярная, 6000° — наше Солнце и от 4000° до 6000° — остальные. Красные звезды, температуры которых, по видимому, не превосходят 2000° , относятся к числу звезд низких температур.

Ознакомившись с этими данными, вполне логично будет сделать тот вывод, что звезды находятся на весьма различных стадиях своей эволюции. Существует основание полагать, что красные светила огромных размеров относятся к еще весьма молодым типам. Дальнейшая стадия эволюции соответствует ярким и горячим белым звездам, достигшим в своем развитии полного расцвета. Солнце и ему подобные еще более старые желтые звезды



Рис. 149. Звездное скопление в созвездии Тукана.

начинают охлаждаться. А маленькие красные низкой температуры звезды, по видимому, завершают свой жизненный путь.

Распределение звезд. Млечный Путь и звездные скопления. Простой взгляд на небо убеждает нас в том, что звезды распределены в пространстве неравномерно. Они более многочисленны в некоторых областях, расположенных по большому кругу небесной сферы, совпадающему со светлым поясом Млечного Пути (рис. 148). Этот пояс образуется многими миллионами звезд, слишком слабых и слишком близких друг к другу, для того чтобы мы могли простым глазом различить их в отдельности; в телескоп же или еще лучше на photographиях (рис. 150) мы можем созерцать

изумительное зрелище настоящих облаков светящейся пыли, каждое зернышко которой представляет собою солнце!

Подобные же скопления звезд, но сгруппированные на меньших участках пространства, встречаются там и сям и об-



Рис. 150. Фотография участка Млечного Пути. Звездное облако в созвездии Стрельца. (Фотография Варнарда на обсерватории Иеркса.)

разуют собою то, что мы называем звездными кучами или звездными скоплениями. Эти скопления состоят из многих тысяч звезд, настолько тесно скученных,

что необходим сильный инструмент для того, чтобы их можно было отчетливо различать по отдельности. Несколько особенно заметных звездных скоплений видимы невооруженным глазом в виде небольших молочно-белых пятнышек;

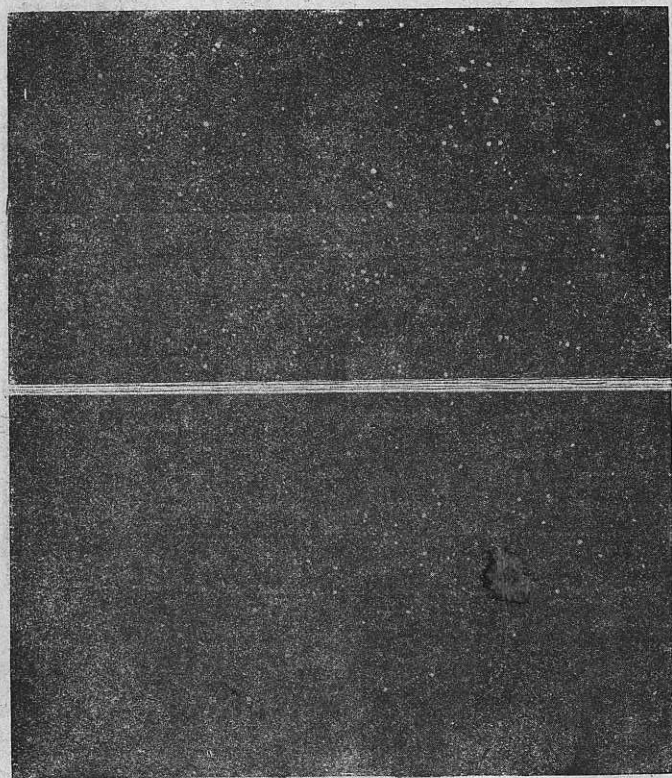


Рис. 151. Неодинаковое распределение звезд в пространстве. Фотографии, произведенные с одинаковой продолжительностью экспозиции в областях, близкой к Млечному Пути (вверху) и расположенной на одном из полюсов его плоскости (внизу).

следует назвать скопления в созвездиях Геркулеса, Центавра и Тукана (рис. 149); очень красивые скопления видимы также и в созвездиях Гончих Псов, Водолея, Скорпиона, Орла и Стрельца. Существуют и другие группировки подобного же рода, но менее богатые звездами, которые в них распределяются реже и на большем пространстве; например:

Плеяды (рис. 152), звездное скопление в созвездии Рака и двойное скопление в созвездии Персея.

Кроме того, встречаются и гораздо более обширные скопления большего масштаба, похожие на отдельные клочки,

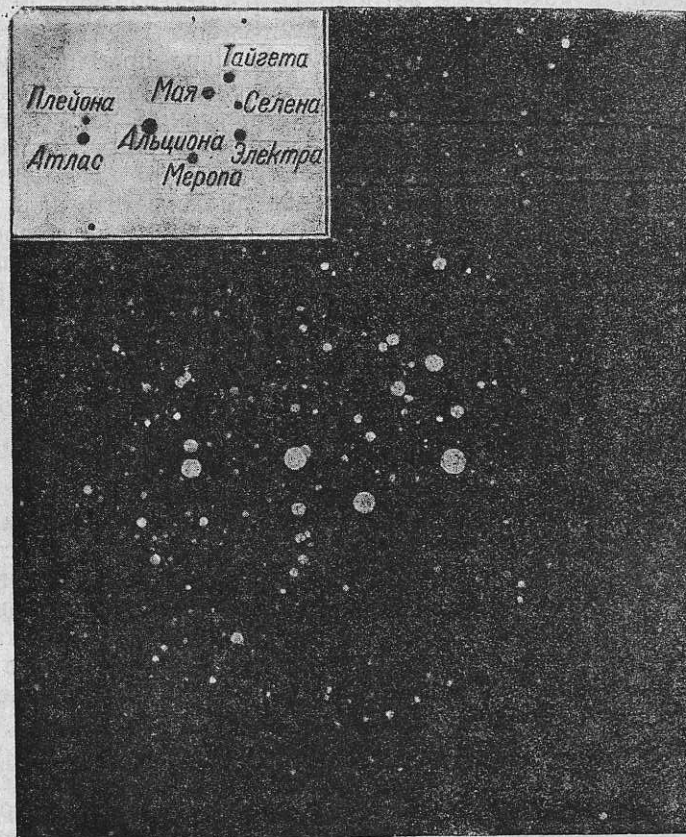


Рис. 152. Фотография группы Плеяд.
Невооруженным глазом мы различаем лишь звезды, изображенные на карте в левом верхнем углу.

оторвавшиеся от Млечного Пути; такой именно вид имеют Большое и Малое Магеллановы Облака, расположенные вблизи южного полюса неба.

Хотя эти звездные скопления, строго говоря, повидимому, не входят в Млечный Путь (мы увидим это дальше), о них

следует поговорить тут же в силу значительного их сходства с отдельными участками последнего, каковыми они в действительности, может быть, все же и являются. Большинство их сгруппировано в пространстве в определенном направлении, и некоторые астрономы рассматривают их как удаленный отросток изучаемой нами системы.

Возрастающее сгущение звезд по мере приближения к плоскости Млечного Пути выявляется еще резче при сравнении фотографий, содержащих все доступные нам светила. Пример этой бьющей в глаза диспропорции приведен на рис. 151.

Однако для большей точности мы должны отметить, что такое распределение звезд не носит совершенно правильного характера; встречаются неправильности, образующие рядом с областями с весьма большим сгущением странные просветы, порой совершенно не содержащие звезд. Итак, Млечный Путь имеет вид далеко не однородный; там и сям он более ярок, более богат звездами, чем в других местах. Границы его довольно неправильны, и кроме того он на значительном протяжении разделяется на две ветви между созвездиями Орла и Центавра.

Так как все видимые нами звезды подчинены общему закону распределения, связывающему их с Млечным Путем, то отсюда был сделан вывод, что все они входят в его состав. Это общее целое образует огромнейших размеров скопление, имеющее в общем чечевицеобразную или линзообразную форму. Так как светила, его составляющие, окружают нас со всех сторон, мы, следовательно, находимся в недрах этого скопления, одним из членов которого является наше Солнце.

Вид Млечного Пути обуславливается тем, что мы находимся почти в самой его плоскости, в которой расположено большинство звезд, кажущимся образом тесно группирующихся в одно целое под влиянием перспективы. Однако в действительности структура этого целого несомненно не столь проста, как это могло бы показаться после нашего объяснения, предназначенного только для уяснения причины общего ее вида. Различные астрономы, пытаясь объяснить некоторые особенности, высказывают предположение о том, что Млечный Путь образован спиральными завитками и, таким образом, обнаруживает глубокое сходство с так называемыми спиральными туманностями, описанными дальше.

Отметим также, что звезды, находящиеся в одинаковом физическом состоянии и, следовательно, и в одной стадии их эволюции, группируются преимущественно в одних и тех же областях пространства.

Собственные движения звезд. Все звезды обладают собственными движениями, вследствие которых мы видим их весьма медленно перемещающимися. Однако эта медленность является только иллюзией, обусловливаемой дальностью, делающей почти незаметными смещения этих светил, летящих в пространстве со скоростями, достигающими нескольких сот километров в секунду! Мы уже знаем, что Солнце увлекает нас вместе со всей своей системой со скоростью примерно в 20 км/сек. Средняя скорость собственных движений звезд, повидимому, заключается в пределах от 30 до 50 км/сек.

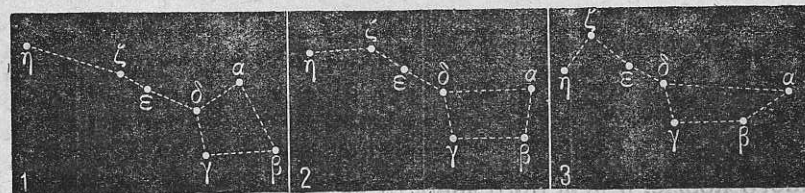


Рис. 153. Собственные движения звезд медленно изменяют вид неба. Созвездие Большой Медведицы. (1) 50 000 лет тому назад; (2) в настоящее время; (3) через 50 000 лет.

Отсюда следует, что общий вид неба или, точнее выражаясь, звездной вселенной, частью которой мы являемся, должен медленно меняться, подобно тому, как меняется у нас на глазах относительное расположение людей, движущихся во всех направлениях по людной площади, которую мы пересекаем сами (все пропорции в этом сравнении сохранены). В качестве примера на рис. 153 изображены происходящие с различной скоростью и в различных направлениях перемещения звезд Большой Медведицы, постепенно меняющие очертания этого созвездия.

Однако все эти движения совершаются неодинаково во всевозможных направлениях. Голландский астроном Каптейн путем долгих измерений, потребовавших большого терпения, установил, что, двигаясь, по их индивидуальным траекториям, звезды образуют два общих потока. Эти звездные потоки движутся под некоторым углом друг к другу,

подобно двум струям пыли, пылинки которых (имеющие каждая еще и собственное движение) являются солнцами, отстоящими одно от другого на триллионы километров!

Прежде чем покинуть пределы нашего Млечного Пути, имеемого иначе галактической системой, для того чтобы унести еще дальше в глубины пространства, остановимся на один момент. Невольно возникают некоторые соображения.

Мы попытались вкратце описать, какой эта вселенная представляется нашим взорам. Поразмыслим над значением последнего выражения. То, что мы видим, совершенно не соответствует действительности. Явления, наблюдаемые нами, совершенно не являются современными, равно как и звезды не занимают тех мест, в которых они нам кажутся находящимися: относительное расположение их в действительности совершенно иное. В самом деле, изображение каждой из них создается лучами, исшедшими от них еще очень давно. Следовательно, световые лучи, сегодня действующие на наш глаз одновременно, находятся в движении одни в течение нескольких лет, другие в течение нескольких веков или даже дольше. Внезапная вспышка новой звезды, которую мы видим горящей сегодня вечером, завтра или немного позже, в действительности является событием гораздо более старым, чем такое же явление, наблюдаемое в конце прошлого столетия! Следовательно, мы не можем, и никогда не сможем, увидеть вселенную такой, какая она есть в действительности.

Однако эти рассуждения совершенно не мешают нам убедиться в грандиозности этого целого, образующего мироздание. Эти миллионы солнц, относительно которых мы уже знаем, что они являются более или менее родственными нашему Солнцу, должны играть сходную с ним роль. Подобно ему, они несомненно являются раскаленными очагами, вокруг которых обращаются планеты (которых мы не можем видеть вследствие их удаленности), на поверхностях которых их непрерывное излучение поддерживает жизнь. При одной мысли об этих мирах, населяющих бесконечное пространство миллионами и миллиардами, как могли бы мы предположить, что наша ничтожная Земля только одна является обитаемой?

Какой безграничный простор открывается, таким образом, нашим взорам! И несмотря на это, мы до настоящего времени остаемся скованными в столь тесных пределах.

Туманности. Еще недавно общим названием туманностей обозначались маленькие молочно-белые пятнышки, подобно бледным отсветам, затерянные в необъятных глубинах мироздания. Некоторые из них встречаются одиноко, в то время как другие кажутся несколько связанными со звездами, видимыми вместе с ними в поле зрения телескопа.

Структура и фантастические размеры некоторых из этих светил способны привести нас в изумление. Самым красивым из этих образований является большая туманность Ориона (рис. 154); она раскинулась настолько широко, что ее можно видеть невооруженным глазом. Так же обстоит дело и с туманностью Андромеды, обладающей более правильными очертаниями и иным характером (рис. 157).

Оптическая сила современных инструментов, а главным образом плодотворное приложение спектрального анализа значительно уточнили воззрения великого английского астронома Вильяма Гершеля, распознавшего двойственную природу этих образований: одни из них являются звездными скоплениями, настолько тесно скученными, что наш глаз видит только неясное пятно, в то время как другие действительно обладают характером туманностей, состоящих из светящейся газовой массы. Следовательно, и нам необходимо делать это различие.

Обычно настоящие туманности обладают сложной, волокнистой, неправильной структурой и весьма значительными размерами (рис. 155), особенно на фотографических снимках, сделанных с большой выдержкой, запечатлевающих даже некоторые детали недоступные нашему глазу. Туманности же разрешимые, — как часто называют те, которые при рассмотрении их в очень сильный телескоп представляются нам в виде звездных скоплений, — напротив, обнаруживают более правильную сферическую форму или же являют величественный вид спиральных туманностей, которые были открыты фотографическим путем в огромном количестве, приближающемся к одному миллиону! В действительности звездный характер этих «спиралей» удалось обнаружить только благодаря спектральному анализу. Они предстают нашим взорам под всевозможными углами. Наиболее красивыми являются спиральные туманности в созвездиях Гончих Псов (рис. 156) и Большой Медведицы, первая из которых, видимая прямо, напоминает какое-то фантастическое фейерверочное солнце или карусель. У других туманностей, наоборот, едва угадываются их



Рис. 154. Большая туманность Ориона.

На воспроизводимой фотографии видно большое количество деталей, и необычайная сложность структуры этой туманности выступает совершенно ясно. Спектральными исследованиями установлено, что она состоит из смеси чрезвычайно разреженных светящихся газов. В недрах туманности находится звездное скопление.



Рис. 155. Туманность в созвездии Лебедя.

Эта туманность, выходящая только на фотографических пластинках, обладает колоссальными размерами. Ее материя кажется распределенной совершенно незакономерно: туманность похожа на волокнистую граду облаков, разорванную мощным дуновением, рассеивающих их в пространстве.

спирали, вытянутые в плоскости, вдоль которой мы наблюдаем их ребра. В них обнаруживаются центры конденса-



Рис. 156. Спиральная туманность в созвездии Гончих Собак.
(фотография, произведенная на обсерватории на горе Вильсона.)

ции, но все эти подробности различимы главным образом на фотографиях. Детали этих слабо светящихся пятнышек очень

бледны, так что различать их удастся только в сильнейшие инструменты крупных астрономических обсерваторий.



Рис. 157. Туманность Андромеды.
(фотография, произведенная на обсерватории на горе Вильсона.)

Невозможно было бы перечислять все эти небесные образования. Когда мы видим их мягкий блеск во мраке

мирового пространства, захватывающий интерес, вызываемый в нас небесными светилами, возрастает. Наиболее тщательное изучение фотографий только еще усиливает это чувство, поскольку еще и до настоящего времени природа туманностей во многих отношениях остается загадочной.

В настоящих туманностях склонны видеть материю, из которой рождаются будущие миры. Этот взгляд, повидимому, подтверждается являемым ими видом, могущим соответствовать весьма различным стадиям концентрации или развития. Эти массы, может быть, обладают низкими температурами. Спектральный анализ показывает, что они состоят главным образом из водорода и гелия, встречающихся вместе с еще одним неизвестным газом, которому дали название небулия*.

Многие из этих туманностей кажутся связанными с окружающими их звездами; подобно последним, они более многочисленны вблизи плоскости Млечного Пути. Материя их простирается на весьма значительном протяжении. Удалось установить, что в определенных случаях туманности, не обладая собственным светом, могут поглощать свет звезд, находящихся за ними, и тем самым делать их невидимыми. В таких темных туманностях многие астрономы видят причину различных причудливо очерченных пустот**, внезапно прерывающих столь плотную звездную пелену Млечного Пути.

Следовательно, туманности входят в состав нашей вселенной. Относительно звездных скоплений, в точном смысле этих слов (стр. 254), наоборот, думают, что они находятся вне ее или же, быть может, представляют собою сгущения, расположенные на концах одной из больших ветвей спирали, каковой считают Млечный Путь; последняя гипотеза объясняет сравнительную их скученность в одной области неба. Что же касается остальных скоплений, обладающих видом спиральных туманностей, то они рассеяны весьма широко. В большем количестве мы их видим вне плоскости Млечного Пути, ближе к полюсам этого космического пояса,

* Спектр этого газа в лабораторной обстановке не удавалось получить долгое время. В 1927 г. Боуэн доказал, что «небулий» в действительности представляет собою смесь кислорода и азота, находящихся в особом состоянии, возможном только при чрезвычайно сильной степени разрежения. *Прим. перев.*

** Этим темным участкам Млечного Пути было дано образное название «угольных мешков». *Прим. перев.*

где пространство кажется нам менее богатым звездами. Общий характер этого распределения, в противоположность ранее высказанному предположению, объясняют допущением, что в этих областях малая яркость этих образований в меньшей степени теряется в результате поглощения света массами туманностей, столь часто встречающихся и столь широко распространяющихся в направлении Млечного Пути. Как бы ни обстояло в этом отношении дело, спиральные туманности, повидимому, действительно являются чуждыми нашей вселенной. В настоящее время преобладает мнение, что они представляют собою иные вселенные, встречающиеся в бесконечных глубинах пространства и находящиеся на таких расстояниях, что свет их затрачивает, может быть, миллионы лет на то, чтобы дойти до нас*. Эти данные превосходят самое пылкое воображение. В отдаленности спиральных туманностей находим подтверждение соображений, высказанных нами ранее: созерцая эти светила сегодня, мы видим лишь их изображения, относящиеся к той эпохе, в которую земное человечество еще не существовало.

Наблюдения звезд и туманностей

То, что было изложено здесь о звездных мирах, могло создать впечатление, что наблюдения этих светил возможно производить исключительно с помощью мощных телескопов. И действительно, эти последние совершенно необходимы для углубленного изучения большинства вышеописанных подробностей. Однако мы еще раз отметим, что и скромные наблюдательные средства, доступные каждому, позволяют совершить интересное и поучительное мысленное путешествие среди этих чудес.

Визуальные наблюдения. Уже простое обозрение звездного неба невооруженным глазом доставляет нам большое удовольствие. Для этого прежде всего рекомендуется научиться различать и узнавать созвездия**. Вниматель-

* Современные воззрения на природу, строение, движение и распределение спиральных туманностей изложены в статье Б. А. Воронцова-Вельяминова «Внегалактические туманности», напечатанной в № 4 журнала «Мироведение» за 1934 г. *Прим. перев.*

** Значительную помощь при наблюдениях звезд могут оказать подвижная карта звездного неба, являющаяся приложением к постоянной части Русского астрономического календаря, и звездные атласы А. А. Михайлова (2-е изд. Московского общества любителей астрономии, 1920) и К. Д. Покровского (3-е изд., Гиз, Берлин 1923), являющийся приложением к «Путеводителю по небу» того же автора. *Прим. перев.*

производимые невооруженным глазом наблюдения облегчают понимание движений Земли и остальных светил, движений относительно звезд, рассматриваемых в качестве неподвижных вех или меток. Знать созвездия необходимо равным образом и для того, чтобы иметь возможность легко отличать планеты, совершающие свои видимые пути перед ними. Наконец наблюдения невооруженным глазом позволяют уяснить себе характер общего распределения звезд; они позволяют также проследить переменность некоторых из них и обнаружить внезапные вспышки новых звезд.

Во многих отношениях хорошую службу могут сослужить бинокли. Благодаря обширности их поля зрения сравнения остаются легко осуществимыми, и сильно возросшее количество слабых звезд, становящихся видимыми с их помощью, порою удивляет. Рассеянные звездные скопления, как, например, Плеяды или некоторые определенные сгущения Млечного Пути, видимы в бинокль с большим количеством деталей. Легко различить также и большую туманность Ориона и туманность Андромеды. Эти инструменты особенно полезны для изучения переменных звезд, колебания яркостей которых оцениваются путем сравнения с соседними звездами.

Подзорные или небольшие астрономические трубы уносят нас уже очень далеко в пространство. В зависимости от диаметра объектива они обуславливают видимость звезд все более и более удаленных, как это указано ниже. (Вспомним, что последние звезды, видимые невооруженным глазом, 6-й величины.)

Бинокли обыкновенные	7-й велич.	Объектив	50 мм	9,5-й велич.
Бинокли сильные	8-й »	»	74 »	10-й »
Объектив 27 мм	8,5-й »	»	81 »	10,5-й »
» 43 »	9-й »	»	95 и 108 мм	12-й »

Пределы видимости в значительной степени зависят от оптических качеств инструментов и от атмосферных условий.

В силу того, что звезды всегда бывают видимы только в виде точек, каково бы ни было используемое увеличение, для наблюдений яркостей и окраски предпочтительнее употреблять только слабые окуляры. Разумеется, окраска покажется тем ярче, чем большим отверстием будет обладать используемый объектив; но прежде всего необходимо, чтобы он был совершенен и не искажал окраски звезд,

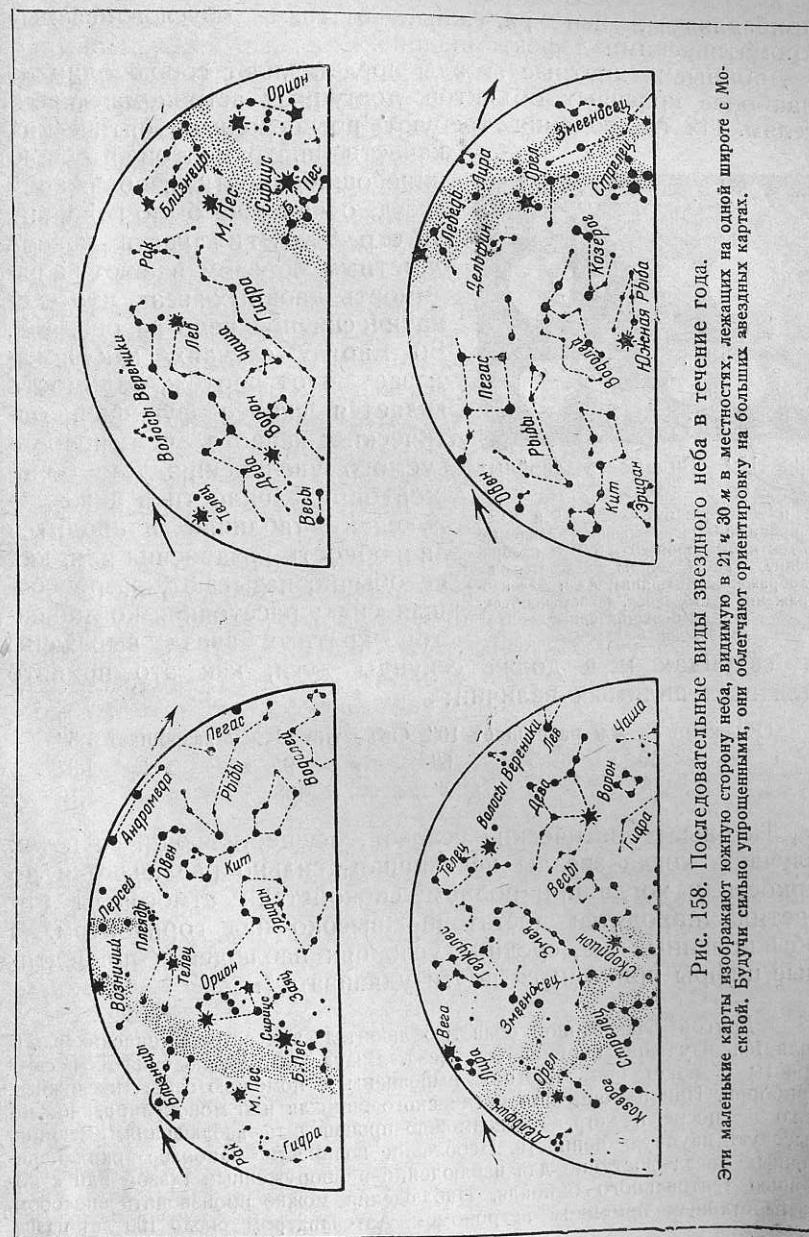


Рис. 158. Последовательные виды звездного неба в течение года. Эти маленькие карты изображают южную сторону неба, видимую в 21 ч 30 м в местностях, лежащих на одной широте с Москвой. Будучи сильно упрощенными, они облегчают ориентировку на больших звездных картах.

прибавляя к ней радужные оттенки, обуславливаемые хроматическими дефектами линз.

Двойные и кратные звезды представляют собою один из наиболее красивых объектов, доступных астрономам-любителям. Их наблюдения требуют превосходных оптических качеств инструментов по причине ошибочности изображений звезд, о чем уже было говорено на стр. 92. Эти качества весьма заметным образом влияют на видимость двойных звезд, что схематически пояснено на рис. 159. Во многих случаях, как показывает этот чертёж, видимость является скорее функцией оптических качеств, чем используемого увеличения. Для большей определенности в нижеследующей табличке приводится (способность раздвоения или, как ее обычно называют, разрешающая сила; расстояния компонентов кратных звезд выражены

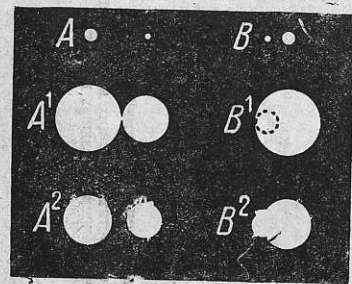


Рис. 159. Видимость двойных звезд.

А и В — истинный вид; А¹ и В¹ — неправильные изображения, даваемые объективом малой силы (В¹ — изображение малой звезды налагается на изображение большой); А² и В² — изображение тех же звезд, даваемые объективом большой силы.

в секундах и в долях секунды дуги, как это принято для всех видимых величин:

Объектив 43 мм разрешает 10"	Объектив 81 мм разрешает 1,5"
» 50 » » 6"	» 95 » » 1,3"
» 75 » » 2"	» 108 » » 1,1"

Таковы теоретические условия, осуществляющиеся в тех случаях, когда звезды не слишком сильно различаются по яркости и когда при полном спокойствии атмосферы эти светила находятся достаточно высоко над горизонтом. В обыкновенных же, средних условиях наблюдения приведенные цифры приходится почти удваивать *.

* Другой благодарной областью любительских астрономических работ является изучение переменных звезд. Визуальные наблюдения их весьма просты и могут быть поэтому выполнены с помощью самых несложных приборов. При помощи призматического бинокля или монокуляра, описанного в сноске на стр. 47, возможно производить наблюдения, имеющие высокую научную ценность. Небольшое количество наиболее ярких переменных звезд доступно для наблюдений невооруженным глазом или с помощью театрального бинокля. Наблюдения можно производить способом, разработанным немецким астрономом Аргеландером около 100 лет назад.

Эти же соображения приложимы и к наблюдению звездных скоплений, разложение которых на отчетливо видимые звезды доступно только достаточно сильным инструментам. Пользуясь любыми инструментами возможно различить их зернистую структуру. Однако некоторые из них легко и хорошо видны. Скопления Персея и Близнецов, например, являют замечательное зрелище при рассмотрении их в маленькую 50-миллиметровую трубу. Более плотные скопления, подобные скоплениям Геркулеса, Гончих Псов и других, требуют применения несколько более сильных инструментов. Трубы с объективами диаметром в 95 и 108 мм дают возможность созерцать большинство этих замечательных скоплений и более или менее отчетливо различать их характер.

Рассматриваемые в небольшие трубы, звездные скопления и туманности имеют почти одинаковый вид. Но несмотря на это, некоторые из последних, по крайней мере по своим формам, резко отличаются от первых. Туманности Ориона и Андромеды, уже упоминавшиеся нами, относятся к числу наиболее красивых объектов, доступных наблюдению. Рассматриваемые в трубу с объективом диаметром в 75 мм, они уже представляются нам очень красивыми. Выгодно всегда пользоваться самым слабым окуляром инструмента, с тем чтобы изображение имело максимальную яркость.



Рис. 160. Участок Млечного пути

(Фотография автора, произведенная портретным объективом диаметром в 4 см. Продолжительность экспозиции 1 час.)

Способ этот состоит в оценке разностей блеска переменной звезды с блеском близлежащих постоянных звезд, так называемых сравнения. Разности блеска оцениваются в так называемых степенях, причем одна степень представляет собой наименьшую различную разность в блеске двух сравниваемых звезд. При небольшом навыке удается достаточно точно оценивать разности в блеске не только в одну, но и в две, в три и более степеней. Двумя степенями оценивается ясно заметная разность блеска двух звезд, а тремя степенями — разность блеска, бросающаяся в глаза с первого же взгляда. Более подробные указания относительно способов визуальных наблюдений переменных звезд содержатся в готовящейся к печати книге Б. В. Кукаркина и П. П. Паренного «Переменные звезды и способы их наблюдения». *Прим. перев.*

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ:

Проф. И. Ф. ПОЛАК

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

2-е издание

Стр. 160.

Цена в перепл. 2 р. 25 к.

•

Проф. И. Ф. ПОЛАК

ВРЕМЯ И КАЛЕНДАРЬ

2-е издание

Стр. 80.

Цена 75 к.

•

Проф. Б. П. ВЕЙНБЕРГ

СОЛНЦЕ — ИСТОЧНИК МЕХАНИЧЕСКОЙ
И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Стр. 59.

Цена 60 к.

•

В. Н. ЛЬВОВ

КАК УЗНАЛИ СОСТАВ СОЛНЦА

Стр. 40.

Цена 70 к.

ПЕЧАТАЮТСЯ:

Проф. И. Ф. ПОЛАК

ПЛАНЕТА МАРС

и вопрос о жизни на ней
2-е издание, переработанное



Проф. И. Ф. ПОЛАК

СОЛНЦЕ

2-е издание

Проф. И. Ф. ПОЛАК

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

3-е издание

Г. А. ГУРЕВ

ВСЕЛЕННАЯ

2-ое издание, переработанное

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ:

СМАРТ

СОЛНЦЕ, ЗВЕЗДЫ И ВСЕЛЕННАЯ

Перевод с английского
под ред. проф. К. Ф. Огородникова

Б. В. КУКАРКИН и П. П. ПАРЕНАГО

ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ
и способы их наблюдения

Макс ВАЛЬЭ

ПОЛЕТ В МИРОВОЕ ПРОСТРАНСТВО

КАК ТЕХНИЧЕСКАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ

Перевод с немецкого и дополнения
С. А. Шорыгина

ОБЪЕДИНЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
УПРАВЛЕНИЕ УНИВЕРСИТЕТОВ И НАУЧНО-ИССЛЕД. УЧРЕЖДЕНИЙ НКП

ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА НА 1935 ГОД
НА ЖУРНАЛ

МИРОВОЕДЕНИЕ
(24 год издания)

С ПРИЛОЖЕНИЕМ БЮЛЛЕТЕНЯ КОЛЛЕКТИВА НАБЛЮДАТЕЛЕЙ
ВСЕСОЮЗНОГО АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Ответственный редактор В. Т. Тер-Оганезов. Члены редколлегии: В. П. Егоршин, А. А. Михайлов, Н. А. Морозов, К. Ф. Огородников, Н. Н. Паренаго, А. А. Яковкин. Редактор бюллетеня Б. А. Воронцов-Вельяминов

Ученый секретарь — С. А. Шорыгин.

В ГОД: 6 КНИГ ЖУРНАЛА И 6 НОМЕРОВ БЮЛЛЕТЕНЯ

Задачи журнала: в серьезном изложении освещать проблемы астрономии, космической физики и геофизики, под углом зрения диалектического материализма на уровне последних достижений науки: освещать антирелигиозные проблемы в разрезе мироведения; разрабатывать вопросы из области мироведения, имеющие значение в деле социалистического строительства и обороны СССР.

Журнал рассчитан на студентов, преподавателей и любителей астрономии.

Задачи бюллетеня: опубликование результатов работ советских любителей астрономии, представляющих научную ценность.

ПОДПИСНАЯ ЦЕНА: На год 12 руб.
На 6 мес. 6 руб.

Подписка принимается Главной конторой подписных изданий ОНТИ „Техпериодика“ (Москва, Гоголевский бульвар, 27), отделениями и магазинами ОНТИ, магазинами Когиза и всеми почтовыми отделениями.

Адрес редакции: Москва, 1, Садовая Кудринская, 5, Планетарий.